



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PENAMBAHAN SEL RAK UNTUK PERLUASAN GUDANG
DAN MODEL *STORAGE ASSIGNMENT* BARANG PADA
GUDANG BAHAN KEMASAN**

DEWI AMALIA
NRP 2513 100 103

Dosen Pembimbing
Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T, Ph.D.
NIP. 19710927 199903 1002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT – TI 141501

**RACK CELL ADDITION FOR WAREHOUSE EXPANSION
AND STORAGE ASSIGNMENT MODEL FOR PACKAGING
MATERIAL WAREHOUSE**

DEWI AMALIA
NRP 2513 100 103

Supervisor
Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T, Ph.D.
NIP. 19710927 199903 1002

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

PENAMBAHAN SEL RAK UNTUK PERLUASAN GUDANG DAN MODEL *STORAGE ASSIGNMENT* BARANG PADA GUDANG BAHAN KEMASAN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :
DEWI AMALIA
NRP 2513 100 103

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :


Prof. Iwan Yanany, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19710927 199903 1002



SURABAYA, JULI 2017

halaman ini sengaja dikosongkan

PENAMBAHAN SEL RAK UNTUK PERLUASAN GUDANG DAN MODEL *STORAGE ASSIGNMENT* BARANG PADA GUDANG BAHAN KEMASAN

ABSTRAK

Nama : Dewi Amalia
NRP : 2513100103
Departemen : Teknik Industri
Dosen Pembimbing : Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T, Ph.D.

Salah satu bagian penting pada rantai pasok adalah gudang. Gudang memiliki peran dalam pengendalian persediaan untuk meningkatkan koordinasi *supply-demand* dan menurunkan biaya total. PT X merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang industri makanan. PT X menghadapi permasalahan terkait gudang bahan kemasan yang dimilikinya dimana kapasitas gudang kurang dari jumlah bahan kemasan yang disimpan sehingga menyebabkan sebagian bahan kemasan tidak tertampung pada tempat penyimpanan yang seharusnya. Bahan kemasan yang tidak tertampung tersebut akan diletakkan pada area *aisle* dan *docking*. Hal tersebut menyebabkan waktu pengambilan barang menjadi lebih lama. Selain itu, waktu pengambilan juga menjadi lebih lama karena penempatan barang pada gudang yang awalnya bersifat *dedicated* berubah menjadi *random* dikarenakan kurangnya kapasitas gudang.

Masalah pada gudang bahan kemasan PT X dapat dipecahkan dengan melakukan perluasan gudang berupa penambahan sel rak dan menentukan *storage assignment* barang pada gudang. Perluasan gudang yang dilakukan dapat meningkatkan kapasitas gudang sebesar 43,5% dan dapat menurunkan jumlah barang yang tidak tertampung sebesar 72,24%. Sementara *storage assignment* yang dibuat bertujuan untuk meminimumkan waktu pengambilan. Hasil optimasi dari *storage assignment* yang dilakukan yaitu tata letak barang dan total waktu pengambilan bahan kemasan pada gudang sebesar 209,3 jam.

Kata kunci: gudang bahan kemasan, perluasan gudang, tata letak barang

halaman ini sengaja dikosongkan

RACK CELL ADDITION FOR WAREHOUSE EXPANSION AND STORAGE ASSIGNMENT MODEL FOR PACKAGING MATERIAL WAREHOUSE

ABSTRACT

Name : Dewi Amalia
NRP : 2513100103
Department : Industrial Engineering
Supervisor : Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T, Ph.D.

One of the most important thing in supply chain is a warehouse. Warehouse has a role for controlling inventory to improve supply-demand coordination and decrease the total cost. PT X is one of industries which worked in food industry. PT X was facing a problem regarding packaging material warehouse, which was the lack of warehouse capacity compare to the total amount of packaging material. It made several packaging material that was not saved properly. Packaging material which was not saved properly would be saved in aisle and docking area. Hence, it makes the picking time would take longer. In addition, picking time would take longer because the storage policy of packaging material in the warehouse that was dedicated turned into random due to lack of warehouse capacity.

The problems in material packaging warehouse of PT X can be solved by doing warehouse expansion such an addition of rack cell and determining storage assignment in warehouse. Warehouse expansion could increase the warehouse capacity up to 43,5% and decrease the amount of packaging materials that was not saved properly at about 72,24%. While the assigned of storage assignment is required to minimize the picking time. The result of storage assignment optimization was storage assignment and total picking time for packaging material in warehouse that was equal to 209,3 hours.

Keyword: packaging material warehouse, warehouse expansion, storage assignment

halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, taufik, dan hidayah yang diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penambahan Sel Rak untuk Perluasan Gudang dan Model *Storage Assignment* Barang Pada Gudang Bahan Kemasan”.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan studi Strata-1 (S1) di Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir, penulis menerima banyak dukungan, masukan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T, Ph.D selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi, arahan, kritik, dan saran kepada penulis selama penyusunan hingga penyelesaian Tugas Akhir.
2. Bapak Happy selaku bagian *Human Capital and Service* (HCS) PT X yang telah menerima penulis untuk melakukan penelitian Tugas Akhir pada PT X.
3. Bapak Hari, Bapak Firman, Ibu Izzah, dan karyawan PT X yang telah memberikan data dan informasi terkait Gudang Bahan Kemasan PT X serta memberikan dukungan dan motivasi selama penyusunan Tugas Akhir kepada penulis.
4. Prof. Dr. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ibu Anny Maryani, S.T., M.T., Ibu Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., dan Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph.D selaku penguji Tugas Akhir penulis yang telah memberikan arahan, kritik, serta saran kepada penulis.
5. Keluarga dan teman-teman penulis yang senantiasa memberikan motivasi, dukungan, dan bantuan kepada penulis selama penyusunan hingga penyelesaian Tugas Akhir.

Demikian yang dapat penulis sampaikan. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya.

Penulis

Dewi Amalia

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.5.1 Batasan	5
1.5.2 Asumsi	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gudang (<i>Warehouse</i>)	7
2.2 Persediaan (<i>Inventory</i>)	11
2.3 Penyimpanan (<i>Storage</i>)	12
2.3.1 Kebijakan Penyimpanan (<i>Storage Policies</i>)	12
2.3.2 Kebijakan Pengambilan Order (<i>Order Picking Policies</i>)	13
2.3.3 Alokasi Penyimpanan (<i>Storage Assignmernt</i>)	14
2.3.4 Sistem Penyimpanan (<i>Storage System</i>)	17
2.4 <i>Material Handling</i>	20

2.5	Tata Letak Gudang.....	21
2.6	Penelitian Terdahulu	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Tahap Pendahuluan.....	27
3.1.1	Studi literatur	27
3.1.2	Studi Lapangan	27
3.2	Tahap Pengumpulan Data	27
3.3	Tahap Pengolahan Data	28
3.3.1	Perluasan Gudang Bahan Kemasan Saat ini.....	28
3.3.2	Penentuan Jenis Kemasan yang Disimpan	28
3.3.3	Pembuatan Model Matematis Storage Assignment Problem	29
3.3.4	Verifikasi dan Validasi Model Matematis.....	29
3.3.5	Running Model Matematis	30
3.4	Tahap Analisis dan Interpretasi Data.....	30
3.4.1	Analisis Gudang Bahan Kemasan PT X.....	30
3.4.2	Analisis Storage Assignment.....	30
3.5	Tahap Kesimpulan dan Saran	30
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		31
4.1	Pengumpulan Data.....	31
4.1.1	Data Layout, Kapasitas, dan Penomoran Sel Rak Gudang Bahan Kemasan Saat Ini	31
4.1.2	Sel Rak Gudang Bahan Kemasan	35
4.1.3	Data Barang yang Disimpan, Standar Barang per Palet, dan Berat Barang per Palet Pada Gudang Bahan Kemasan	36
4.1.4	Data Pengiriman Barang ke Bagian Produksi	37
4.1.5	Data Tingkat Persediaan PT X	38
4.1.6	Data Kecepatan Material Handling	39
4.1.7	Data Waktu Tempuh Setiap Sel Rak ke Titik Transfer	40
4.2	Pengolahan Data	42

4.2.1	Perluasan Gudang Bahan Kemasan Saat Ini	42
4.2.2	Penentuan Jenis Barang Kemasan.....	48
4.2.3	Model Storage Assignment.....	57
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI.....		75
5.1	Analisis Gudang Bahan Kemasan PT X.....	75
5.1.1	Analisis Gudang Bahan Kemasan PT X Perluasan.....	75
5.1.2	Analisis Gudang Bahan Kemasan PT X Sewa.....	77
5.2	Analisis <i>Storage Assignment</i>	78
5.2.1	Analisis Model Storage Assignment.....	78
5.2.2	Analisis Hasil Storage Assignment.....	79
5.2.3	Analisis Hasil Storage Assignment Keseluruhan pada Gudang Bahan Kemasan Utama (Saat Ini dan Perluasan)	86
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		89
6.1	Kesimpulan.....	89
6.2	Saran	90
DAFTAR PUSTAKA		91
Lampiran 1		93
Lampiran 2		95
Lampiran 3		98
Lampiran 4		100
Lampiran 5		102
Lampiran 6		105
Lampiran 7		107
Lampiran 8		111
Lampiran 9		113
BIOGRAFI PENULIS		115

halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jumlah Barang per Kapasitas Sel Rak.....	2
Gambar 1. 2 Jumlah Bahan Kemasan Rusak	3
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 4. 1 <i>Layout</i> Gudang Bahan Kemasan PT X Saat ini	31
Gambar 4. 2 Penomoran Sel Rak Area B, C, D, dan E.....	33
Gambar 4. 3 Penomoran Sel Rak Area A	34
Gambar 4. 4 Ilustrasi Sel Rak	35
Gambar 4. 5 <i>Layout</i> Gudang Bahan Kemasan Saat Ini dan Perluasan	43
Gambar 4. 6 Penomoran Sel Rak Setelah Perluasan Area B dan C.....	45
Gambar 4. 7 Penomoran Sel Rak Setelah Perluasan Area D, E, dan F.....	45
Gambar 4. 8 Penomoran Sel Rak Setelah Perluasan Area A	46
Gambar 5. 1 Kapasitas Bahan Kemasan Sebelum dan Setelah Perluasan	75
Gambar 5. 2 Jumlah Barang Tidak Tertampung Sebelum dan Setelah Perluasan	76
Gambar 5. 3 Luas Gudang Sewa.....	77
Gambar 5. 4 <i>Storage Assignment</i> Area A	79
Gambar 5. 5 <i>Storage Assignment</i> Area B.....	81
Gambar 5. 6 <i>Storage Assignment</i> Area C.....	82
Gambar 5. 7 <i>Storage Assignment</i> Area D	83
Gambar 5. 8 <i>Storage Assignment</i> Area E.....	84
Gambar 5. 9 <i>Storage Assignment</i> Area F	85
Gambar 5. 10 Jumlah <i>Reach Truck</i> dan Waktu Lembur yang Dibutuhkan	87

halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	23
Tabel 4. 1 Kapasitas Gudang Bahan Kemasan PT X Saat Ini	32
Tabel 4. 2 Data Barang yang Disimpan Saat Ini Serta Standar dan Berat Barang per Palet.....	36
Tabel 4. 3 Data Pengiriman Barang Kemasan ke Bagian Produksi	37
Tabel 4. 4 Tingkat Persediaan	38
Tabel 4. 5 Data Waktu Tempuh Setiap Sel Rak.....	40
Tabel 4. 6 Kapasitas Gudang Bahan Kemasan PT X Setelah Perluasan	44
Tabel 4. 7 Data Waktu Tempuh Setiap Sel Rak Setelah Perluasan	47
Tabel 4. 8 Jenis Barang Kemasan Pada Area A	49
Tabel 4. 9 Jenis Barang Kemasan Pada Area B	50
Tabel 4. 10 Jenis Barang Kemasan Pada Area C	51
Tabel 4. 11 Jenis Barang Kemasan Pada Area D	52
Tabel 4. 12 Jenis Barang Kemasan Pada Area E	52
Tabel 4. 13 Jenis Barang Kemasan Pada Area F	54
Tabel 4. 14 Jenis Barang Kemasan Pada Gudang Sewa	55
Tabel 4. 15 Frekuensi Pengiriman, Kapasitas Slot pada Gudang, dan Berat Barang per Palet.....	59
Tabel 4. 16 Waktu Setiap Sel Rak ke Titik Transfer	59
Tabel 4. 17 Urutan Penempatan Barang pada Sel Rak Gudang Utama dan Sewa	60
Tabel 4. 18 Tata Letak Optimal Secara Manual	61
Tabel 4. 19 <i>Script</i> Model untuk Validasi dengan Solver pada <i>Software</i> Statistik	61
Tabel 4. 20 Hasil <i>Running</i> Model untuk Validasi dengan <i>Software</i> Optimasi	62
Tabel 4. 21 Tata Letak Optimal Berdasarkan Model pada <i>Software</i> Optimasi	63
Tabel 4. 22 Hasil <i>Running</i> Model Perbaikan untuk Validasi dengan <i>Software</i> Optimasi	65
Tabel 4. 23 Tata Letak Optimal Berdasarkan Model Perbaikan dengan <i>Software</i> Optimasi	66
Tabel 4. 24 Hasil <i>Debug</i> Model Perbaikan	67
Tabel 4. 25 Hasil <i>Running</i> Area A	68

Tabel 4. 26 Hasil <i>Running</i> Area B.....	69
Tabel 4. 27 Hasil <i>Running</i> Area C.....	70
Tabel 4. 28 Hasil <i>Running</i> Area D	71
Tabel 4. 29 Hasil <i>Running</i> Area E.....	72
Tabel 4. 30 Hasil <i>Running</i> Area F.....	73
Tabel 5. 1 Waktu Pengambilan Area A.....	80
Tabel 5. 2 Waktu Pengambilan Area B	81
Tabel 5. 3 Waktu Pengambilan Area C	82
Tabel 5. 4 Waktu Pengambilan Area D.....	83
Tabel 5. 5 Waktu Pengambilan Area E	84
Tabel 5. 6 Waktu Pengambilan Area F	85
Tabel 5. 7 Waktu Pengambilan Total	86

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian.

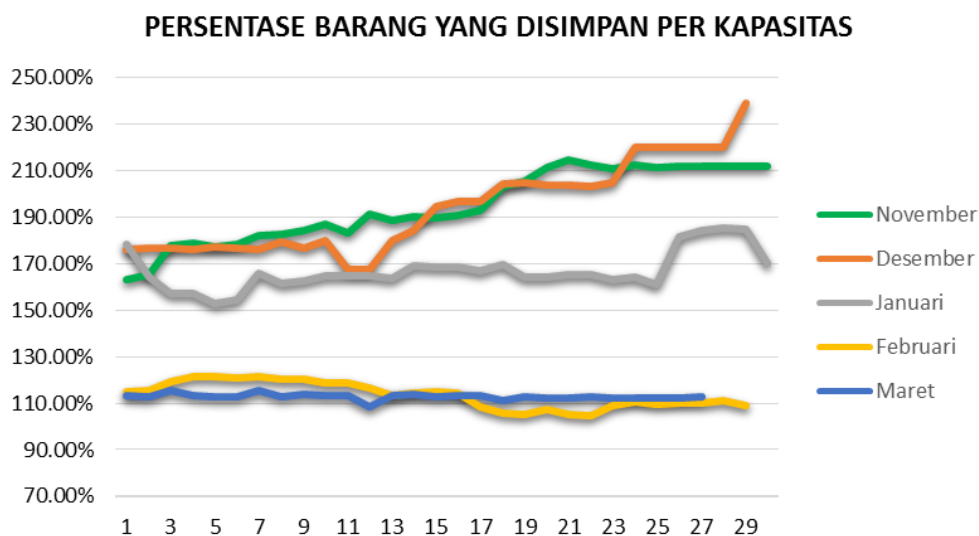
1.1 Latar Belakang

Industri makanan dan minuman di Indonesia memiliki peranan penting dalam pertumbuhan ekonomi di Indonesia (Lukman, 2016). Hal tersebut ditunjukkan dengan kontribusi industri makanan dan minuman sebesar 33,6 persen pada produk domestik bruto industri pengolahan nonmigas pada tahun 2016 (BPS, 2016). Tingginya permintaan pada industri makanan dan minuman di Indonesia menuntut kualitas rantai pasok yang baik pula. Poin penting rantai pasok pada industri makanan dan minuman di Indonesia meliputi supplier, gudang, lini produksi, dan bagian distribusi produk (Lukman, 2016).

Salah satu bagian penting pada rantai pasok tersebut adalah gudang. Gudang memiliki peran dalam pengendalian persediaan untuk meningkatkan koordinasi *supply-demand* dan menurunkan biaya secara keseluruhan (Ballou, 2004). Aktivitas yang terjadi pada gudang meliputi *receiving, transfer and put away, order picking/selection, accumulation/sortation*, dan *cross-docking and shipping* (Koster, et al., 2007). Untuk dapat melakukan aktivitas tersebut dengan baik maka dibutuhkan kondisi gudang yang mendukung mulai dari kapasitas gudang yang cukup, penempatan barang yang baik pada gudang, penyusunan atau pengelompokan barang, perawatan gudang dan *material handling*, serta jumlah *picker, driver*, dan *material handling* yang sesuai (Lambert & Stock, 2001).

Penelitian ini menggunakan sebuah kasus pada PT X. PT X merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang industri makanan. PT X menghadapi permasalahan terkait gudang bahan kemasan yang dimilikinya. Gudang bahan kemasan PT X memiliki kondisi yang tidak ideal terkait kapasitas gudang. Kapasitas gudang bahan kemasan tidak setara dengan jumlah bahan kemasan yang

disimpannya sehingga menyebabkan sebagian barang tidak tertampung pada tempat yang seharusnya. Persentase jumlah barang yang disimpan per kapasitas pada gudang bahan kemasan PT X dapat dilihat pada Gambar 1.1. Pada gambar tersebut persentase jumlah barang yang disimpan selalu bernilai lebih dari 100% bila dibandingkan dengan kapasitas sel rak yang tersedia.



Gambar 1. 1 Jumlah Barang per Kapasitas Sel Rak

Kapasitas gudang yang tidak ideal seperti pada gambar 1.1 menyebabkan barang ditempatkan pada tempat yang tidak seharusnya seperti pada *aisle* dan area *docking*. Penempatan barang pada *aisle* akan mengganggu aktivitas *order picking* pada gudang karena barang pada *aisle* akan menutupi barang lain yang berada pada sel rak sehingga waktu *order picking* untuk barang pada sel rak tersebut menjadi lebih lama. Selain itu waktu *order picking* menjadi semakin lama dikarenakan penempatan barang pada gudang yang ditata secara *random*/acak sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencari lokasi barang yang hendak diambil. Sementara penempatan barang pada area *docking* memiliki risiko yang tinggi terkait kualitas produk terutama kualitas fisik produk. Bahan kemasan berupa kardus bila ditempatkan pada area *docking* memiliki risiko terkena hujan yang akan menyebabkan kondisi kardus menjadi rusak. Hal tersebut pernah terjadi pada bulan Januari 2017 dengan rincian seperti pada gambar 1.2 berikut.



Gambar 1. 2 Jumlah Bahan Kemasan Rusak

Bahan kemasan dengan kondisi rusak seperti rincian pada gambar 1.2 tidak dapat digunakan dan akan menyebabkan kerugian pada perusahaan. Kerugian yang dihasilkan berdasarkan data pada Gambar 1.2 yaitu sekitar Rp 64.000.000. Dampak lain yang ditimbulkan dari kapasitas gudang yang kurang adalah penempatan barang pada palet yang tidak sesuai standar. Kurangnya rak untuk menaruh barang menyebabkan penyusunan barang meninggi, hal tersebut berupa penempatan barang dengan standar dua dua palet atau lebih yang ditempatkan pada satu palet. Kondisi ini memiliki risiko barang akan terjatuh dan membahayakan keselamatan kerja *picker* pada saat mengambil barang.

Berdasarkan kondisi gudang bahan kemasan tersebut, *Manager Gudang* hendak melakukan perluasan gudang saat ini dengan menambah sel rak agar dapat menurunkan jumlah barang yang tidak tertampung ditempat seharusnya. Perbaikan terkait kapasitas tersebut juga dapat mengurangi waktu *order picking* pada gudang saat ini terkait kondisi yang dijelaskan sebelumnya. Selain itu waktu *order picking* dapat pula diminimalisir dengan perbaikan penataan barang atau *storage assignment* pada gudang agar waktu pencarian barang dapat berkurang.

Solusi terhadap kondisi gudang dengan kapasitas yang kurang telah dibahas oleh beberapa ahli. Tompkins (2016) memberikan beberapa alternatif untuk memecahkan masalah kapasitas gudang yang kurang dengan membuat atau menyewa gudang baru, menata ulang gudang, memaksimalkan ruang gudang secara vertikal, dan meningkatkan manajemen *inventory*. Penelitian terkait *storage assignment* juga telah dilakukan oleh beberapa ahli dengan tujuan yang berbeda-

beda. Y. Zhang (2016) melakukan penelitian terkait *storage assignment strategy* untuk mengurangi jarak tempuh dalam proses *order picking*. Dalam penelitian tersebut penerapan *storage assignment strategy* dapat mengurangi hingga 2,08% rata-rata jarak tempuh yang dilewati. Sama halnya dengan Y. Zhang, F. Guerriero (2013) melakukan penelitian *product allocation problem* dengan tujuan meminimasi jarak perpindahan. Pada penelitian tersebut, F. Guerriero membuat model matematika untuk menentukan lokasi barang yang hendak disimpan.

Penelitian ini bertujuan untuk membantu *Manager Gudang* menentukan penambahan sel rak dalam rangka perluasan gudang saat ini dengan memperhatikan batasan luas dan tinggi gudang serta memberikan pertimbangan tata letak barang/*storage assignment* agar dapat meminimalisir waktu *picking* pada gudang bahan kemasan PT X.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah penentuan penambahan sel rak dan penentuan *storage assignment* barang yang disimpan pada gudang bahan kemasan PT X.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menurunkan/menghilangkan jumlah barang yang tidak tertampung pada tempat yang seharusnya dengan melakukan penambahan sel rak pada gudang bahan kemasan PT X.
2. Meminimumkan *picking time* dengan membuat model optimasi *storage assignment* untuk barang kemasan yang disimpan pada gudang bahan kemasan PT X.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menjadi referensi untuk penelitian terkait analisa sel rak dan *storage assignment* barang pada gudang bahan kemasan.

2. Membantu *manager* gudang bahan kemasan PT X dalam menentukan jumlah penambahan sel rak pada perluasan gudang saat ini.
3. Membantu *manager* gudang bahan kemasan PT X dalam menentukan *storage assignment* yang sesuai pada gudang bahan kemasan PT X dengan memperhatikan minimum *picking time*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini terdiri dari batasan dan asumsi. Berikut adalah batasan dan asumsi yang digunakan :

1.5.1 Batasan

Hal-hal yang menjadi batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Gudang yang dijadikan objek penelitian ini adalah gudang bahan kemasan PT X yang berlokasi di Driyorejo, Gresik.
2. Sistem yang diamati merupakan sistem pengambilan bahan kemasan mulai dari *material handling* berangkat dari lokasi *transfer* hingga bahan kemasan berada pada lokasi *transfer*.
3. Data permintaan produksi yang diperoleh merupakan data dari PT X selama 3 bulan, yaitu bulan Januari 2017 hingga Maret 2017.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Seluruh *driver material handling* atau *picker* memiliki kemampuan dan kompetensi yang sama dalam melakukan kegiatan pengambilan barang.
2. Permintaan bahan kemasan dari bagian produksi dalam satuan palet.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan menjelaskan langkah-langkah penulisan pada penelitian ini. Laporan penelitian ini terdiri dari 6 bab pembahasan yaitu pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, analisis dan interpretasi data, serta kesimpulan dan saran. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing bab tersebut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan pendahuluan terkait penelitian yang meliputi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi. Pada bab ini juga dijelaskan mengenai sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan studi literatur yang digunakan sebagai landasan teori yang mendasari penelitian ini. Studi literatur tersebut antara lain terkait gudang, penyimpanan, dan persediaan. Teori-teori yang digunakan sebagai literatur bersumber dari jurnal, buku, dan penelitian-penelitian terdahulu.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai tahapan sistematis yang dilakukan dalam proses penelitian ini. Tahapan penelitian ini terdiri dari tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, tahap analisa dan interpretasi data, serta tahap penarikan kesimpulan dan saran.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini disajikan pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Pengumpulan data diperoleh dari studi lapangan pada PT X. Selain itu pada bab ini disajikan pula pengolahan data dari data yang terkumpul serta penyesuaian, pengembangan, verifikasi, dan validasi dari model optimasi *storage assignment*.

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai analisis dan interpretasi data berdasarkan hasil pengolahan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis yang dilakukan terkait gudang bahan kemasan PT X dan model *storage assignment* yang digunakan.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini disajikan kesimpulan dan saran dari penelitian ini. Kesimpulan yang dibuat didasarkan pada tujuan yang dirumuskan pada bab 1. Sementara saran yang diberikan bersumber dari penulis untuk penelitian selanjutnya terkait penelitian sejenis.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan studi literatur yang dilakukan oleh penulis. Studi literatur tersebut berisi berbagai landasan teori yang mendasari penelitian ini. Teori yang diambil bersumber dari jurnal penelitian-penelitian terdahulu, dan buku.

2.1 Gudang (*Warehouse*)

Gudang atau *warehouse* adalah fasilitas yang dirancang untuk mencapai target tingkat pelayanan dengan mengeluarkan total biaya yang paling minimum. Gudang dibutuhkan dalam proses koordinasi penyaluran barang, dimana hal tersebut terjadi karena kurang seimbangnya proses penawaran dan permintaan. Keseimbangan antara penawaran dan permintaan yang kurang tersebut mendorong adanya persediaan (*inventory*), dimana persediaan membutuhkan ruang untuk tempat penyimpanan sementara yang disebut gudang. Gudang merupakan bangunan yang secara fisik mempunyai kriteria tertentu sebagai tempat penyimpanan barang, yang di dalamnya terdapat proses pergudangan (*warehousing*) berupa *storage* dan *material handling* (Lambert & Stock, 2001). Sementara menurut Sukadaro (2001) pergudangan adalah kegiatan penampungan, penyimpanan, pengamanan dan pendistribusian/penyaluran barang yang menjadi kebutuhan bagi setiap organisasi. Sementara gudang bahan kemasan PT X berperan dalam penerimaan, penyimpanan, dan pengiriman barang kemasan. Gudang memiliki tiga fungsi utama sebagai berikut (Yunarto & Santika, 2005).

1. Perpindahan (*Movement*)

Movement merupakan fungsi utama yang memiliki perhatian penting, contohnya adalah memperbaiki *inventory turnover* dan mempercepat proses pesanan/order dari produksi hingga ke tahap pengiriman akhir. Terdapat beberapa aktivitas pada fungsi *movement* yaitu *receiving*, *putaway*, *customer order picking/order selection*, *packing*, *cross docking* dan *shipping*.

a. Penerimaan (*Receiving*)

Aktivitas penerimaan barang terdiri dari beberapa aktivitas seperti pembongkaran muatan dari kendaraan pengangkut, penghitungan jumlah barang yang diterima, pemeriksaan/pengecekan terkait kualitas, kerusakan dan dokumen pengiriman serta melakukan pembaharuan data stok gudang.

b. Peralihan (*Putaway*)

Peralihan (*putaway*) adalah proses perpindahan fisik (barang/produk) dari dok penerimaan (*receiving dock*) ke gudang penyimpanan. Terdapat tiga proses dalam *putaway* sebagai berikut.

- *Putaway request*

Diawali adanya proses *receiving purchase order* atau ketika barang selesai diproduksi maka selanjutnya dibuatlah *putaway request*. Informasi yang terdapat dalam *putaway request* berkaitan dengan data nomor dokumen barang, kode barang, uraian barang, serta jumlah barang dan satuannya. Hasil dari *putaway request* berupa saran lokasi penyimpanan barang pada gudang.

- *Putaway suggestion*

Putaway suggestion memberikan saran lokasi penyimpanan dengan mempertimbangkan ruangan yang cukup/diperlukan, karakteristik barang yang akan disimpan, dan barang yang ada digudang. Sistem akan menghasilkan *report* yang didalamnya berisi urutan lokasi penyimpanan yang disarankan atau instruksi kerja yang harus dilaksanakan oleh personil gudang. Jika saran berdasarkan laporan *putaway* tidak disetujui maka dapat dibuat atau ditentukan lokasi penyimpanan barang secara manual. *Putaway suggestion* dikenal pula dengan istilah *putaway reservation* yaitu penentuan lokasi yang sudah dipesan untuk suatu barang sebelum proses penerimaan, dimana sistem akan menyarankan penyimpanan ke lokasi yang sudah dipesan tersebut.

- *Confirm putaway suggestion*

Confirm putaway suggestion adalah langkah terakhir dalam *putaway* dan dapat dilakukan jika *putaway suggestion* disetujui serta dijalankan

oleh personil/pihak gudang. Pada *confirm putaway suggestion* barang akan dipindahkan dari lokasi penerimaan barang ke lokasi penyimpanan yang telah disetujui. Hal tersebut akan menyebabkan data stok di lokasi penerimaan berkurang dan sebaliknya data stok di lokasi penyimpanan bertambah.

c. Pengambilan Barang (*Customer Order Picking / Order Selection*)

Customer order picking/order selection adalah aktivitas pengambilan barang dari gudang penyimpanan atau lokasi pengambilan dan selanjutnya disiapkan untuk proses pengiriman. Proses *picking* terdiri dari tiga tahap sebagai berikut.

- *Picking request*

Diawali adanya proses *sales order* atau ketika proses produksi mengambil material dari gudang maka selanjutnya dibuatlah *picking request*. Informasi yang terdapat dalam *picking request* berkaitan dengan nomor dokumen, kode barang, uraian barang, serta jumlah barang dan satuannya. Hasil dari *picking request* berupa saran lokasi pengambilan barang yang terbaik.

- *Picking suggestion*

Picking suggestion adalah lokasi pengambilan barang yang disarankan oleh sistem yang sesuai dengan parameter/konstrain manajemen pergudangan. Pada *picking suggestion* sistem dapat menghasilkan suatu laporan/report yang di dalamnya berisi instruksi kerja berupa urutan *picking suggestion* yang harus dilaksanakan oleh personil/pihak gudang.

- *Confirm picking suggestion*

Confirm picking suggestion dapat dilakukan jika *picking suggestion* disetujui dan dilaksanakan oleh personil/pihak gudang. Pada *confirm picking suggestion* barang akan dipindahkan dari lokasi pengambilan ke lokasi pengiriman. Hal tersebut menyebabkan stok di lokasi pengambilan akan berkurang dan sebaliknya stok pada lokasi

pengiriman akan bertambah dan *booking* di lokasi pengiriman akan bertambah.

d. Pengepakan (*Packing*)

Packing merupakan pengepakan barang yang akan dikirim ke konsumen. *Packing* pada umumnya menggunakan kotak atau peti sebagai tempat/alas barang yang akan dikirim ke konsumen. Pada waktu *picking* suatu barang, sistem dapat menyarankan kotak atau peti mana yang akan dipakai. Hal tersebut menyebabkan pentingnya menentukan ukuran dimensi kotak atau peti dan hubungan kotak atau peti dengan barang.

e. Pemindahan (*Cross-docking*)

Cross-docking merupakan proses pemindahan barang dari *area receiving* ke lokasi *shipping* secara langsung, tanpa harus melakukan penyimpanan di gudang terlebih dahulu. Hal tersebut berdampak pada penghematan waktu dan penggunaan ruangan gudang. Pada proses *receiving* sistem akan membuat *putaway request* ke *cross-docking*.

f. Pengiriman (*Shipping*)

Shipping merupakan aktivitas pengiriman barang yang terdiri dari proses pembuatan dokumen pengiriman, pemuatan barang ke truk, dan pembaharuan data barang yang sudah dimuat dalam truk (*loading*). Hal tersebut menyebabkan stok dan *booking* di lokasi *shipping* akan berkurang sesuai dengan banyak barang yang dikirim.

2. Penyimpanan (*Storage*)

Storage adalah aktivitas menyimpan barang baik bahan baku atau barang hasil produksi. Penyimpanan barang tersebut dilakukan di dalam gudang. Sementara untuk gudang *finished good* dan *spare part* dapat dijadikan satu dan dapat pula dipisahkan.

3. Pemberian Informasi (*Information Transfer*)

Information Transfer adalah aktivitas pemberian informasi seperti informasi terkait stok barang apa saja dan kuantitasnya yang berada pada gudang atau informasi-informasi lain yang berguna atau penting. Informasi yang dikirim dapat berupa informasi untuk pihak diluar gudang ataupun pihak gudang itu sendiri.

2.2 Persediaan (*Inventory*)

Persediaan atau *inventory* adalah stok bahan yang digunakan untuk memudahkan produksi atau untuk memuaskan permintaan pelanggan (Schroeder, 2000). Selain itu, menurut Kusuma (2009) persediaan didefinisikan sebagai barang yang disimpan untuk digunakan atau dijual pada periode mendatang. Sementara Rangkutti (2004) mengatakan bahwa persediaan merupakan suatu aktiva yang meliputi barang-barang milik perusahaan dengan maksud untuk dijual dalam suatu periode tertentu, ataupun persediaan bahan baku yang menunggu penggunaannya dalam suatu proses produksi. Persediaan dapat diklasifikasikan menjadi dua macam berdasarkan jenis operasi perusahaan sebagai berikut (Prawirosentono, 2000).

1. Persediaan Pada Perusahaan Manufaktur

Perusahaan Manufaktur adalah perusahaan yang memproses *input* menjadi *output*. Persediaan merupakan simpanan bahan baku atau barang setengah jadi (*work in process*) untuk diproses menjadi barang jadi (*finished goods*) yang selanjutnya diberikan nilai tambah secara ekonomis, untuk kemudian dijual kepada pihak ketiga atau konsumen.

2. Persediaan Pada Perusahaan Dagang

Persediaan pada perusahaan dagang merupakan simpanan sejumlah barang jadi yang siap untuk dijual kepada pihak ketiga atau konsumen.

Penentuan tingkat persediaan barang secara optimal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti permintaan pelanggan, lama penyerahan barang saat dipesan hingga barang tiba (*lead time*), tingkat penambahan (*replenishment*), dan keamanan persediaan (*safety stock*) (Tampubolon, 2004). Berikut adalah cara penentuan tingkat persediaan yang diterapkan PT X.

$$Safety Stock = Z \times \sigma D$$

$$Inventory = SS + DL$$

Keterangan:

Z = *Safety Factor*

σD = Standar deviasi demand

DL = Demand selama *lead time*

SS = *Safety Stock*

2.3 Penyimpanan (*Storage*)

Penyimpanan merupakan kegiatan melakukan penerimaan, penyimpanan, pengaturan, pembukuan, pemeliharaan barang dan pengeluaran dari tempat penyimpanan (Permendagri, 2007). Selain itu penyimpanan dapat pula diartikan sebagai suatu kegiatan dan usaha untuk melakukan pengurusan, penyelenggaraan dan pengaturan barang persediaan di dalam ruang penyimpanan (Subagya, 1994). Penyimpanan berfungsi untuk menjamin penjadwalan yang telah ditetapkan dalam fungsi-fungsi sebelumnya dengan pemenuhan setepat-tepatnya dan dengan biaya serendah mungkin (Subagya, 1994). Tujuan penyimpanan dan fungsi-fungsi gudang antara lain adalah maksimalisasi utilitas sumber daya seiring dengan pemenuhan elemen-elemen kepuasan pelanggan atau maksimalisasi pelayanan pelanggan dengan kendala ketersediaan sumber daya (Hadiguna & Setiawan, 2008). Adapun kegiatan dari penyimpanan antara lain adalah sebagai berikut (Hadiguna & Setiawan, 2008).

- Menerima, menyimpan, mengatur dan menjaga keutuhan barang dalam gudang/ruang penyimpanan agar dapat dipergunakan sesuai dg rencana secara tertib, rapi dan aman.
- Menyelenggarakan administrasi penyimpanan/pergudangan atas semua barang yg ada dalam gudang.
- Melakukan stock opname secara berkala ataupun insidentil terhadap barang persediaan yg ada di dalam gudang agar persediaan selalu dapat memenuhi kebutuhan.
- Membuat laporan secara berkala atas persediaan barang yg ada di gudang.
- Sementara operasi pengawasan gudang antara lain terdiri dari pengawasan penyimpanan (*storage policies*) dan pengawasan order pilihan (*order picking policies*) (Hadiguna & Setiawan, 2008).

2.3.1 Kebijakan Penyimpanan (*Storage Policies*)

Pengaturan dan tata letak suatu gudang dapat ditentukan berdasarkan karakteristik barang atau item yang akan disimpan. Berikut adalah beberapa bentuk kebijakan penyimpanan (Hadiguna & Setiawan, 2008).

1. Kebijakan Penyimpanan Acak (*Random Storage Policy*)

Kebijakan penyimpanan acak adalah penyimpanan barang atau item di setiap lokasi yang tersedia. Pada kebijakan penyimpanan acak setiap barang atau item mempunyai probabilitas yang sama pada setiap lokasi.

2. Kebijakan Penyimpanan Tetap (*Dedicated Storage Policy*)

Kebijakan penyimpanan tetap adalah penyimpanan barang atau item pada lokasi tertentu tergantung dengan tipe itemnya. Kebijakan penyimpanan tetap didesain dengan luas penyimpanan pada setiap barang atau item sama dengan level maksimal persediaan.

3. *Cube Per-Order Index Policy*

Cube Per-Order Index Policy adalah rasio kebutuhan ruang/*space* penyimpanan barang atau item dengan jumlah transaksi S/R untuk barang atau item tersebut. Barang atau item dengan S/R terbesar akan diletakan sedikit jauh dengan titik I/O.

4. Kebijakan Penyimpanan Berbasis Tertutup (*Closed Based Storage Policy*)

Kebijakan penyimpanan berbasis tertutup menggunakan aplikasi dari dampak pareto dimana 80% aktivitas S/R dipengaruhi oleh 20% barang atau item, 15% S/R dipengaruhi oleh 30% barang atau item, dan 5% S/R dipengaruhi oleh 50% barang atau item.

5. Kebijakan Penyimpanan Pangsa (*Shared Storage Policy*)

Kebijakan penyimpanan pangsa adalah kebijakan yang berada pada titik ekstrem *random* dan *dedicated storage policy*. Kebijakan ini mengkolaborasikan 2 kebijakan dalam satu gudang.

Kebijakan penyimpanan pada gudang bahan kemasan PT X adalah kebijakan penyimpanan acak (*random storage policy*). Satu jenis barang kemasan disimpan pada beberapa lokasi yang berbeda. Kebijakan ini merupakan salah satu dampak dari utilitas gudang yang berlebih atau di atas 100%.

2.3.2 Kebijakan Pengambilan Order (*Order Picking Policies*)

Aktivitas yang sangat penting dalam memenuhi permintaan dari kosumen adalah pengambilan barang pada persediaan yang berada di gudang. Dari keseluruhan proses dalam gudang, pengambilan barang adalah aktivitas yang paling

diperhatikan oleh pihak gudang (Piasecki, 2012). Terdapat beberapa strategi *order picking* sebagai berikut (Piasecki, 2012).

a. *Basic order picking*

Pada *basic order picking* petugas pengambil barang bergerak menuju tumpukan barang menggunakan peralatan/kendaraan yang tersedia, baik untuk jalur *aisle* yang sempit ataupun lebar. Pola jalur pengambilan barang dapat bervariasi, baik dengan pola pengambilan seperti ular dengan jalur U, zigzag, dan pola *switch*. Pola pengambilan barang ini akan berdampak pada waktu pengambilan barang, terutama pada operasi yang memiliki banyak aktivitas pengambilan barang.

b. *Batch Picking* atau *Pick by Line*

Pada *batch picking* atau *pick by line* terdapat banyak order yang dikelompokkan menjadi satu. Pada sistem ini operator akan mengambil banyak order dalam sekali pengambilan dengan menggunakan *hand pallet truck*.

c. *Zone Picking*

Pada *zone picking* area pengambilan barang dibagi menjadi beberapa wilayah dengan menempatkan operator pada setiap wilayahnya. Jika satu order telah diambil, maka akan diteruskan ke wilayah yang lainnya.

d. *Wave picking*

Pada *wave picking* barang dari semua wilayah akan diambil dalam waktu yang bersamaa. Setelah diambil jenis barang tersebut akan dipisah sesuai dengan permintaan dari setiap konsumen.

Kebijakan pengambilan order pada gudang bahan kemasan PT X adalah pengambilan per-palet. Pengambilan barang dilakukan oleh *material handling* dan setiap pengambilan hanya dapat membawa satu buah palet. Palet yang diambil akan diletakan di lokasi *transfer* untuk selanjutnya dikirim ke bagian produksi.

2.3.3 Alokasi Penyimpanan (*Storage Assignmernt*)

Alokasi penyimpanan atau *storage assignment* adalah penentuan lokasi ruang atau rak pada suatu area atau gudang dimana ruang atau rak tersebut digunakan sebagai tempat penyimpanan barang. Kebijakan *storage assignment* yang tepat akan menentukan nilai atau performasi aktivitas *order-picking* yang

terjadi di dalam gudang (Ene & Öztürk, 2012). Salah satu metode penyelesaian dari *storage assignment problem* adalah menggunakan model matematis. Model matematis *storage assignment problem* telah dibahas oleh beberapa ahli, salah satunya adalah Guerriero (2013). Model matematis yang dibahas oleh Guerriero (2013) akan menjadi landasan penentuan tata letak barang pada penelitian ini. Berikut adalah model matematis *storage assignment problem* (Guerriero, et al., 2013).

Notasi:

$N = \{1, \dots, n\}$: set dari kelas produk

m : jumlah slot vertikal

w : jumlah slot horizontal

h : jumlah tingkat/level

S : set dari slot pada baris pertama, $|S|=m*w$

C : matrix biner $N \times N$ dengan komponen generic c_{ij} bernilai 1 jika hanya kelas I ditempatkan dengan kelas j dan bernilai 0 jika selain itu

$P = p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$: lima kemungkinan diskon

K : set dari pintu I/O

D : matrix jarak dimana d_{slk} menyatakan jarak dari slot (s,l) ke pintu k

F : matrix frekuensi dimana f_{ik} adalah frekuensi pengambilan kelas i ke pintu k

r_i : jumlah palet untuk kelas i

Cap : kapasitas slot

T_1 : set slot tingkat/level pertama yang memiliki satu *adjacent* slot di *aisle* yang sama

T_2 : set slot baris pertama berlawanan

T_3 : set slot baris pertama *posterior*

Variabel keputusan:

y_{isl} = jumlah palet kelas i yang di tempatkan pada slot (s,l)

$$x_{isl} = \begin{cases} 1 & \text{jika palet kelas } i \text{ pada slot } (s,l) \\ 0 & \text{selain itu} \end{cases}$$

$$z_{isl}^1 = \begin{cases} 1 & \text{jika palet kelas } i \text{ pada lokasi adjacent dengan slot } (s,l) \text{ pada blok yang sama} \\ 0 & \text{selain itu} \end{cases}$$

$$z_{isl}^2 = \begin{cases} 1 & \text{jika palet kelas } i \text{ pada lokasi adjacent dengan slot } (s,l) \text{ pada aisle yang sama} \\ 0 & \text{selain itu} \end{cases}$$

$$z_{isl}^3 = \begin{cases} 1 & \text{jika palet kelas } i \text{ pada lokasi yang berlawanan dengan slot } (s,l) \\ 0 & \text{selain itu} \end{cases}$$

$$z_{isl}^4 = \begin{cases} 1 & \text{jika palet kelas } i \text{ pada lokasi yang posterior dengan slot } (s,l) \\ 0 & \text{selain itu} \end{cases}$$

$$b_{is} = \begin{cases} 1 & \text{jika palet kelas } i \text{ pada lokasi blok } s \\ 0 & \text{selain itu} \end{cases}$$

Fungsi Tujuan:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & \left\{ \sum_{k=1}^{|k|} \sum_{s=1}^{|s|} \sum_{l=1}^h d_{slk} \sum_{i=1}^n f_{ik} \frac{y_{isl}}{r_i} \right\} + \left\{ \sum_{i=1}^n [(\sum_{s=1}^{|s|} \sum_{l=1}^h x_{isl}) - 1] p_5 \right\} - \\ & \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^{|s|} (p_1 z_{isl}^1 + p_2 z_{isl}^2 + p_3 z_{isl}^3 + p_4 z_{isl}^4) \right\} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Konstrain:

$$\sum_{s=1}^{|s|} \sum_{l=1}^h y_{isl} = r_i \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (2.2)$$

$$x_{isl} x_{is(l+1)} = z_{isl}^1 \quad \forall i = 1, \dots, n, s = 1, \dots, |s|, l = 1, \dots, h-1 \quad (2.3)$$

$$z_{isl}^1 = 0 \quad \forall i = 1, \dots, n, s = 1, \dots, |s|, l = h \quad (2.4)$$

$$x_{isl} x_{i(s+1)l} = z_{isl}^2 \quad \forall i = 1, \dots, n, s \in T_1, l = 1, \dots, h \quad (2.5)$$

$$z_{isl}^2 = 0 \quad \forall i = 1, \dots, n, s \ni T_1, l = 1, \dots, h \quad (2.6)$$

$$x_{isl} x_{i(s+m)l} = z_{isl}^3 \quad \forall i = 1, \dots, n, s \in T_2, l = 1, \dots, h \quad (2.7)$$

$$z_{isl}^3 = 0 \quad \forall i = 1, \dots, n, s \ni T_2, l = 1, \dots, h \quad (2.8)$$

$$x_{isl} x_{i(s+m)l} = z_{isl}^4 \quad \forall i = 1, \dots, n, s \in T_3, l = 1, \dots, h \quad (2.9)$$

$$z_{isl}^4 = 0 \quad \forall i = 1, \dots, n, s \ni T_3, l = 1, \dots, h \quad (2.10)$$

$$b_{is} + b_{js} \leq 1 + c_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, n-1, j = i+1, \dots, n, s = 1, \dots, |s| \quad (2.11)$$

$$b_{is} + b_{j(s+1)} \leq 1 + c_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, n-1, j = 1, \dots, n, j \neq i, s \in T_1 \quad (2.12)$$

$$\sum_{i=1}^n y_{isl} \leq \text{Cap} \quad \forall s = 1, \dots, |s|, l = 1, \dots, h \quad (2.13)$$

$$y_{isl} \leq M x_{isl} \quad \forall i = 1, \dots, n, s = 1, \dots, |s|, l = 1, \dots, h \quad (2.14)$$

$$b_{is} \leq \sum_{l=1}^h x_{isl} \quad \forall i = 1, \dots, n, s = 1, \dots, |s| \quad (2.15)$$

$$b_{is} \geq 1/h \sum_{l=1}^h x_{isl} \quad \forall i = 1, \dots, n, s = 1, \dots, |s| \quad (2.16)$$

$$x_{isl} \in \{0,1\} \quad \forall i = 1, \dots, n, s = 1, \dots, |s|, l = 1, \dots, h \quad (2.17)$$

$$z_{isl}^1, z_{isl}^2, z_{isl}^3, z_{isl}^4 \in \{0,1\} \quad \forall i = 1, \dots, n, s = 1, \dots, |s|, l = 1, \dots, h \quad (2.18)$$

$$y_{isl} \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, n, s = 1, \dots, |s|, l = 1, \dots, h \quad (2.19)$$

$$b_{is} \in \{0,1\} \quad \forall i = 1, \dots, n, s = 1, \dots, |s| \quad (2.20)$$

Fungsi tujuan model matematis Guerriero (2013) (2.1) adalah meminimasi jumlah perpindahan produk ditambah pinalti jarak dan dikurang *saving* jarak. Persamaan (2.2) menyatakan bahwa jumlah palet kelas i yang diletakan pada slot di setiap baris dan *level* sama dengan jumlah palet kelas i yang harus disimpan. Persamaan (2.3) hingga (2.10) menentukan setiap kelas diletakan pada satu lokasi atau minimal satu tipe kedekatan terjadi. Persamaan (2.11) dan (2.12) menentukan setiap kelas diletakan pada suatu blok atau tidak. Persamaan (2.13) menentukan batasan kapasitas untuk setiap lokasi penyimpanan. Persamaan (2.14) adalah pengaturan akurat untuk variabel x_{isl} . Persamaan (2.15) dan (2.16) menyatakan peletakan kelas i pada suatu blok harus kurang dari sama dengan jumlah kelas i yang diletakan pada slot (s,l) .

2.3.4 Sistem Penyimpanan (*Storage System*)

Sistem penyimpanan memiliki peran untuk memaksimalkan ulitisasi ruang pada gudang (Heragu, 2008). Pemilihan sistem penyimpanan ditentukan berdasarkan karakteristik barang yang disimpan dan rata-rata jumlah item pada daftar pesanan pelanggan (Ghiani, et al., 2004). Terdapat beberapa jenis sistem penyimpanan sebagai berikut (Lama, 2016).

1. *Selective Pallet Racking*

Selective pallet racking adalah sistem rak untuk penempatan barang di atas palet. Sistem rak terdiri dari 2 batang tiang yang digabungkan dan diperkuat dengan horizontal dan diagonal *bracing*. Sementara *beam* yang digunakan sebagai tempat peletakan palet dapat disesuaikan dengan berat barang dan posisi ketinggian palet tersebut. Berikut adalah fitur dan keunggulan *selective pallet racking*:

- Akses langsung ke semua bagian penempatan palet. Kecepatan dan akurasi ketepatan untuk pengambilan dan penempatan palet yang sangat baik
- Memudahkan kontrol terhadap stok barang
- Ideal untuk berbagai jenis barang dengan berat dan volume yang beragam

- Penentuan tinggi dan jarak antar rak yang dapat disesuaikan dengan berbagai jenis material handling tipe standar, seperti *counter balance truck*, *reach truck*, *narrow aisle forklift truck*.

2. *Narrow Aisle Racking*

Narrow Aisle Racking adalah kombinasi dan selektifitas pemilihan palet serta kapasitas penyimpanan barang yang dijadikan sebagai prioritas. Pada *narrow aisle racking* diperlukan *material handling* khusus dengan ukuran yang ramping dan pergerakan terbatas pada gerakan maju dan mundur. Berikut adalah fitur dan keunggulan *narrow aisle racking*:

- Memperkecil jarak antar rak untuk memaksimalkan kapasitas penyimpanan pallet.
- Memudahkan dalam melakukan kontrol stok barang.
- Cocok untuk penyimpanan berbagai jenis barang dengan volume dan berat beragam.

3. *Drive In Racking*

Drive In Racking adalah jenis rak yang banyak digunakan untuk gudang yang memprioritaskan kapasitas penyimpanan. *Drive in racking* merupakan jenis rak dengan sistem *Last In First Out* (LIFO). Pada sistem tersebut faktor kecepatan dan selektifitas barang tidak menjadi prioritas. Penempatan dan pengambilan barang pada sistem ini hanya dapat dilakukan melalui bagian depan setiap jalur. Berikut adalah fitur dan keunggulan *drive in racking*:

- *Material handling* tipe standar seperti *reach truck* dapat digunakan.
- Hanya memakai satu jenis ukuran palet.
- Baik untuk penempatan barang dengan jenis dan ukuran yang seragam sehingga pada saat penempatan dan pengambilan bisa dilakukan sekaligus dalam setiap jalurnya.

4. *Push Back Racking*

Push back racking adalah kombinasi dari *drive in racking* dengan *carton flow racking*. *Push back racking* merupakan pilihan yang tepat untuk gudang yang memiliki keterbatasan akan luas. Penempatan dan pengambilan palet pada sistem ini dilakukan dari satu sisi yaitu sisi depan. Pada saat penempatan pallet

adanya rel pada akan memudahkan pallet terdorong ke belakang. Kemiringan posisi rel tersebut akan menyebabkan pallet pada posisi belakang meluncur ke depan akibat gaya gravitasi sehingga memudahkan *material handling* untuk menjangkau posisi pallet dan mengambil pallet. Berikut adalah fitur dan keunggulan *push back racking*:

- *Material handling* dengan tipe standar seperti *forklift truck* dapat digunakan.
- Akses yang mudah untuk menjangkau posisi pallet.

5. *Medium Duty Racking*

Medium duty racking adalah sistem rak untuk penyimpanan barang berbentuk karton atau dus. Karton atau dus yang disimpan memiliki berat beban 300-800 kg. *Medium duty racking* baik digunakan untuk menyimpan barang seperti *spare part* atau barang yang memerlukan *handling* secara manual. Berikut adalah fitur dan keunggulan *medium duty racking*:

- Terdiri dari sistem dasar dan tambahan untuk mempermudah pada instalasi dan penambahan rak.
- Papan untuk rak terbuat dari bahan galvanize yang tahan terhadap karat dan ketinggian dapat disesuaikan mengikuti ukuran barang.
- Jarak antar rak dapat disesuaikan mengikuti ukuran *material handling* yang umum digunakan seperti *trolley* atau tangga.

6. *Multitier Racking*

Multitier racking adalah pengembangan dari *Medium Duty Racking* dengan adanya penambahan dek lantai. Tiang dari *multitier racking* dibuat tanpa sambungan yang digunakan sebagai penyangga dari lantai. Penempatan barang dalam bentuk karton atau dus dengan menggunakan sistem ini akan memaksimalkan kapasitas penyimpanan untuk gudang dengan luas yang terbatas. Berikut adalah fitur dan keunggulan *multitier racking*:

- Baik untuk penyimpanan *spare part* dan barang dalam bentuk karton atau dus dengan beban sampai 400 kg per *level*.
- Ketinggiannya dapat disesuaikan menjadi 3 lantai.
- Distribusi barang dapat melalui tangga, *lift* barang atau *conveyor*.
- Papan untuk rak terbuat dari bahan galvanize yang tahan terhadap karat.

Sistem penyimpanan yang digunakan pada gudang bahan kemasan PT X adalah *selective pallet racking*. Pada gudang bahan kemasan PT X saat ini terdapat 18 baris rak yang setiap rak terdiri dari 3 hingga 6 tingkat/*level*. Sistem *selective pallet racking* dipilih karena dapat memaksimalkan *space* gudang yang tersedia.

2.4 Material Handling

Sebuah sistem *material handling* pada proses manufaktur memiliki fungsi utama untuk memindahkan material/*part* antar berbagai tahapan dari proses (Heragu, 2008). Terdapat beberapa tipe dasar *Material Handling Devices* (MHD) sebagai berikut (Heragu, 2008).

1. Conveyor

Conveyor merupakan tipe MHD yang letaknya statis yaitu tetap. *Conveyor* digunakan hanya ketika part atau material dengan volume yang besar akan dipindahkan. Lebih baik memindahkan material dengan bentuk dan ukuran yang sama ketika menggunakan *conveyor*.

2. Palletizer

Palletizer merupakan peralatan otomatis yang memiliki kecepatan tinggi. *Palletizer* digunakan untuk menata muatan dalam palet yang berasal dari lini perakitan atau produksi.

3. Pallet Lifting Devices

Pallet lifting devices digunakan untuk *loading* atau *unloading* palet dari alat pengangkut palet. *Pallet lifting devices* juga digunakan untuk menaikkan dan menurunkan kotak pada ketinggian tertentu.

4. Truck

Truck merupakan alat pengangkut yang banyak digunakan pada fasilitas manufaktur dan pergudangan. Dengan megunakan *truck* maka tidak diperlukan jalur perpindahan yang tetap (*fixed path*). Selain itu *truck* berguna untuk memindahkan barang dengan variasi ukuran, berat, dan bentuk yang banyak. Berikut adalah beberapa jenis *truck*:

- a. *Hand truck*
- b. *Reach Truck*
- c. *Forklift truck*

5. Robot

Robot mampu memindahkan barang seperti lengan manusia. Robot juga berfungsi untuk mengambil, menaruh, serta *loading* dan *unloading* barang. Beberapa tipe robot diantaranya adalah sebagai berikut.

- a. *Point-to-point robots*
- b. *Walkthrough or teach robots*
- c. *Hydraulic robots*

6. Automated Guided Vehicle (AGV)

Automated guided vehicle adalah alat *material handling* yang dapat bergerak secara otomatis dari suatu titik ke titik yang lainnya.

7. Hoists, Cranes, dan Jibs

Hoists adalah alat yang memindahkan material dengan arah gerakan vertikal. *Cranes* alat yang memindahkan material dengan arah gerakan horizontal. Sementara *jibs* adalah alat sejenis crane namun mampu berputar ke segala arah.

Material handling yang digunakan pada gudang bahan kemasan PT X adalah *reach truck* dan *forklift*. *Reach truck* digunakan untuk mengambil barang kemasan dari sel rak dan meletakkannya di lokasi transfer. Sementara *forklift* digunakan untuk membawa barang kemasan dari lokasi transfer ke bagian produksi.

2.5 Tata Letak Gudang

Tata letak gudang adalah desain yang berusaha untuk meminimalkan biaya total dengan melakukan pertukaran (*trade-offs*) antara ruang dan penanganan barang (Heizer & Render, 2009). Tujuan tata letak gudang adalah menemukan titik yang optimal antara biaya yang berkaitan dengan luas ruang dalam gudang dan biaya penanganan bahan. Konsekuensi dari hal tersebut adalah manajemen memiliki tugas untuk memaksimalkan penggunaan setiap kotak dalam gudang, yaitu memanfaatkan volume penuhnya sambil menjaga agar biaya penanganan bahan menjadi rendah atau tetap rendah. Sementara biaya-biaya yang termasuk dalam biaya penanganan bahan adalah biaya yang berkaitan dengan transportasi barang yang masuk, penyimpanan, dan transportasi barang yang keluar. Biaya tersebut meliputi pekerja/orang, peralatan, bahan, pengawasan, asuransi, dan

penyusutan. Tata letak gudang yang efektif juga dapat meminimalkan kerusakan bahan dalam gudang (Hadiguna & Setiawan, 2008).

Tata letak pada gudang juga harus memperhatikan tata letak penyimpanan. Dalam merencanakan tata letak penyimpanan perlu memperhatikan empat faktor berikut (Hadiguna & Setiawan, 2008).

1. *Popularity*

Prinsip penyimpanan *popularity* memposisikan barang yang paling populer sedekat mungkin dengan titik masuk atau titik keluar barang (I/O Point).

2. *Similarity*

Prinsip penyimpanan *similarity* ditentukan berdasarkan kesamaan dari material yang disimpan. Dengan menyimpan komponen yang memiliki kesamaan maka jarak tempuh untuk order pengambilan maupun penerimaan dapat diminimalkan.

3. *Size*

Penting adanya variasi *size*/ukuran penyimpanan berdasarkan ukuran barang yang akan disimpan. Contohnya barang yang memiliki dimensi besar tidak diletakkan dirak dan barang yang memiliki dimensi kecil tidak disimpan diruangan yang didesain untuk barang yang besar.

4. *Characteristics*

Prinsip *characteristics* seringkali berlawanan dengan ketiga prinsip sebelumnya, yaitu *popularity*, *similarity* dan *size*. Karakter komponen yang penting pada prinsip ini adalah *perishable materials*, *oddly shaped and crushable items*, *hazardous materials*, *security items*, dan *compatibility*

Tata letak penyimpanan pada gudang bahan kemasan PT X sudah dikategorikan dalam beberapa zona. Zona tersebut mewakili kesamaan jenis barang kemasan. Akan tetapi pada kondisi saat ini peletakan barang kemasan dilakukan secara acak karena kurangnya kapasitas penyimpanan pada gudang.

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian sejenis terkait tingkat persediaan dan tata letak penyimpanan pada gudang telah dilakukan oleh beberapa orang dengan tujuan dan metode yang

berbeda-beda. Berikut adalah penelitian-penelitian yang relevan terhadap penelitian ini.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Penelitian	Metode	Tujuan
1	Sanei, Nasiri, Marjani, & Hussein (2011)	<i>Heuristic Algorithm for The Warehouse Space Assignment Problem Considering Operational Constraints: With Application in A Case Study</i>	Integer linear programming dan branch and bound heuristic algorithm	Minimasi jarak dan penalti penyimpanan
2	Felix T.S. Chan H.K. Chan (2011)	<i>Improving the Productivity of Order Picking of a Manual-Pick and Multi-Level Rack Distribution Warehouse Through the Implementation of Class-Based Storage</i>	Simulasi	Perbandingan minimasi jarak dan waktu picking
3	F. Guerriero, R. Musmanno, O. Pisacane, dan F.Rende (2013)	<i>A Mathematical Model for the Multi-Levels Product Allocation Problem in a Warehouse with Compatibility Constrains</i>	Linear programming	Minimasi jarak pada order picking
4	Y. Zhang	<i>Correlated Storage Assignment Strategy to Reduce Travel Distance in Order Picking</i>	Heuristic	Minimasi Jarak pada order picking

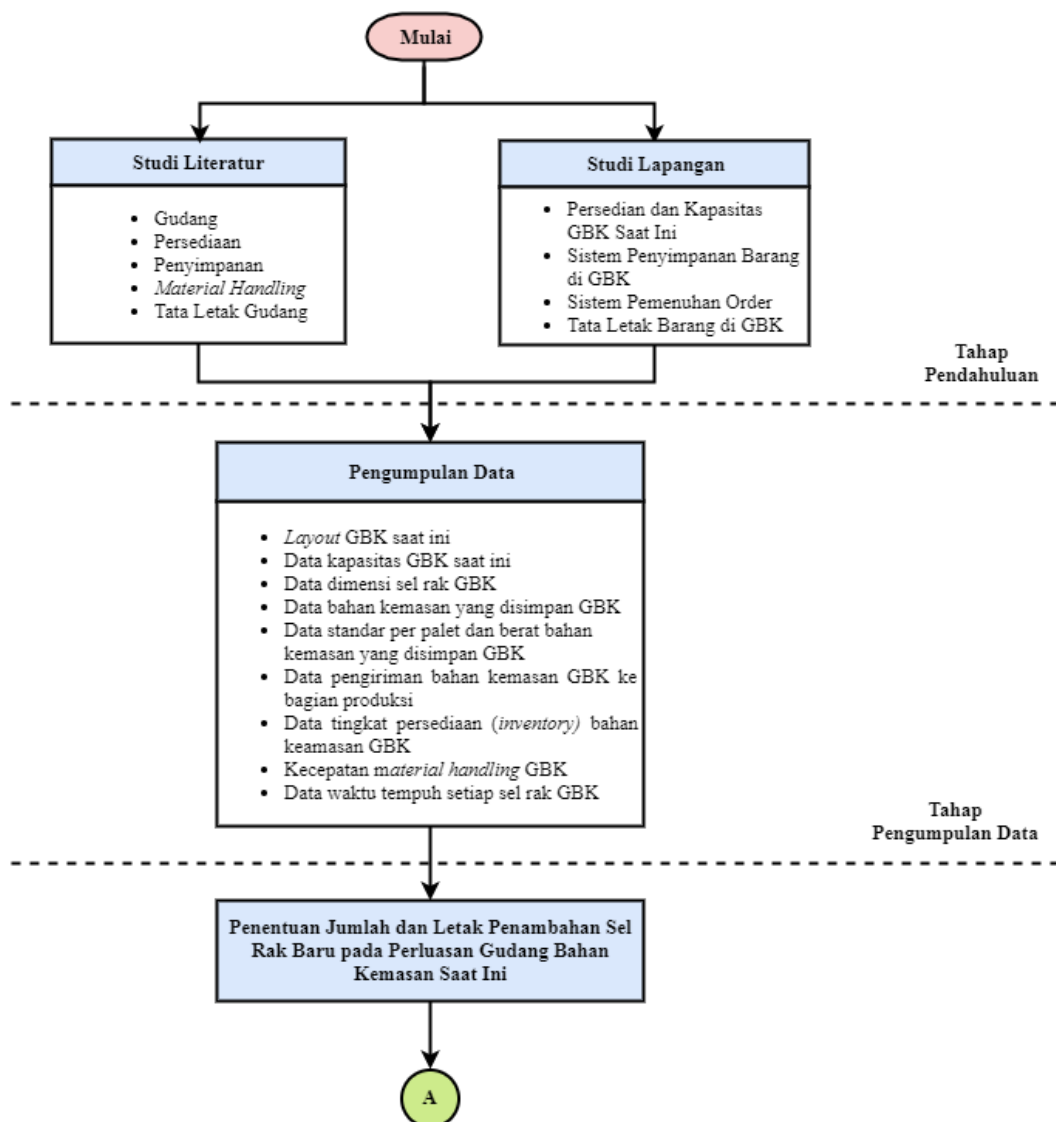
Berdasarkan tabel 2.1 dapat diketahui bahwa *storage assignment* pada gudang memiliki beberapa macam metode penyelesaian. Masing-masing metode menyesuaikan keadaan dari tujuan atau objek yang digunakan. Penelitian ini menggunakan landasan *storage assignment* yang digunakan oleh Guerriero (2013) dengan melakukan penyesuaian dan penambahan model.

halaman ini sengaja dikosongkan

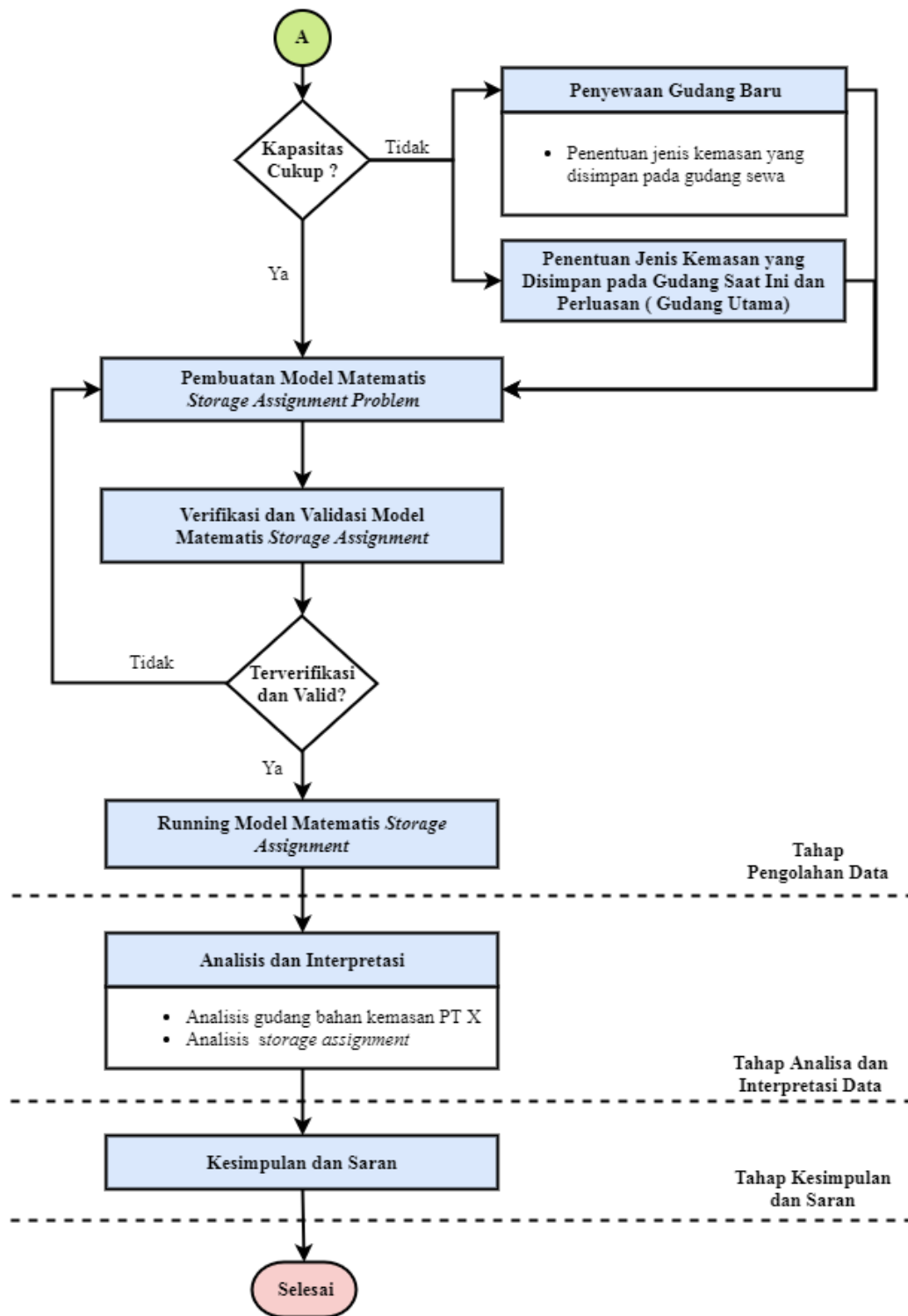
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu tahap pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan interpretasi, serta kesimpulan dan saran. Diagram alir metodologi penelitian ini terdapat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

3.1 Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan terdiri dari studi literatur dan studi lapangan pada Gudang Bahan Kemasan PT X dengan rincian sebagai berikut.

3.1.1 Studi literatur

Studi literatur merupakan landasan teori yang digunakan penulis dalam penelitian ini. Studi literatur yang digunakan bersumber dari jurnal, buku, dan penelitian-penelitian terdahulu. Studi literatur yang digunakan pada penelitian ini adalah gudang, persediaan, penyimpanan (kebijakan penyimpanan, kebijakan pengambilan order, sistem penyimpanan), *material handling*, tata letak gudang, dan penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini.

3.1.2 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan langsung pada Gudang Bahan Kemasan PT X. Studi lapangan yang dilakukan penulis terkait dengan jenis produk yang disimpan, kapasitas gudang, sistem penyimpanan barang pada gudang, sistem pemenuhan order, dan tata letak barang pada gudang. Dengan melakukan studi lapangan penulis dapat melihat secara riil kondisi gudang.

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data menjabarkan data-data yang digunakan terkait dengan penelitian ini. Data-data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. *Layout* gudang bahan kemasan saat ini
2. Data kapasitas gudang bahan kemasan saat ini
3. Data dimensi sel rak gudang bahan kemasan
4. Data bahan kemasan yang disimpan pada gudang bahan kemasan
5. Data standar per palet dan berat bahan kemasan yang disimpan gudang bahan kemasan.
6. Data pengiriman bahan kemasan ke bagian produksi
7. Data tingkat persediaan bahan kemasan

8. Kecepatan *material handling* gudang bahan kemasan
9. Data waktu tempuh setiap sel rak gudang bahan kemasan

3.3 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Pengolahan data pada penelitian ini adalah perluasan gudang bahan kemasan saat ini, penentuan jenis barang kemasan, dan pembuatan model matematis *storage assignment* yang terdiri dari validasi, verifikasi, serta *running* model matematis.

3.3.1 Perluasan Gudang Bahan Kemasan Saat ini

Perluasan gudang dilakukan dengan penambahan sel rak baru. Penambahan sel rak dilakukan dengan batasan luas dan tinggi gudang saat ini, hal tersebut dikarenakan tidak memungkinkan untuk melakukan perluasan berupa penambahan lahan. Penambahan sel rak dilakukan pada rak saat ini yang memiliki ketinggian *level* belum maksimal dan pada area *staple* atau area yang belum memiliki sel rak.

3.3.2 Penentuan Jenis Kemasan yang Disimpan

Penentuan jenis kemasan didasarkan pada frekuensi pengiriman ke bagian produksi. Semakin besar frekuensi pengiriman maka bahan kemasan tersebut akan diletakkan pada sel rak yang memiliki waktu tempuh semakin cepat. Kemasan pada gudang bahan kemasan PT X terbagi menjadi enam kategori dan akan diletakkan pada enam area yang berbeda pada gudang. Jika total persediaan bahan kemasan pada masing-masing kategori lebih kecil dari kapasitas sel rak pada masing-masing area maka seluruh jenis bahan kemasan dapat diletakkan pada gudang saat ini dan perluasan. Jika total persediaan bahan kemasan pada satu atau lebih kategori bernilai lebih besar dari kapasitas sel rak pada area tersebut maka bahan kemasan yang tidak tertampung pada area yang seharusnya dapat diletakkan pada area lain jika terdapat sel rak yang kosong. Tetapi jika tidak tersedia sel rak yang kosong pada area lain maka diberikan alternatif solusi berupa penyewaan gudang baru.

Alternatif solusi berupa penyewaan gudang diberikan untuk menghindari peletakan bahan kemasan pada area *aisle* dan *docking*. Jika alternatif solusi

tersebut dipilih maka akan ditentukan bahan kemasan apa saja yang hendak disimpan pada gudang saat ini dan perluasan serta bahan kemasan apa saja yang hendak disimpan pada gudang sewa. Bahan kemasan yang akan diletakan pada gudang sewa adalah bahan kemasan yang memiliki frekuensi pengiriman ke bagian produksi yang kecil.

3.3.3 *Pembuatan Model Matematis Storage Assignment Problem*

Pembuatan model optimasi *storage assignment* dilakukan dengan tujuan meminimasi waktu pengambilan/*picking time* barang. Waktu pengambilan tersebut merupakan waktu perpindahan *material handling* dari titik *transfer* hingga ke lokasi sel rak dimana produk akan diambil untuk memenuhi permintaan dari bagian produksi. Model optimasi yang digunakan diadaptasi dari model *storage assignment* milik Guerriero (2013) dengan beberapa penyesuaian dan penambahan pada fungsi tujuan dan konstrain. Penyesuaian yang dilakukan yaitu penulis tidak mempertimbangkan besar penalti dan *saving* sehingga penalti dan *saving* pada fungsi tujuan dan konstrain dihilangkan. Sementara dilakukan penambahan konstrain berat bahan kemasan per palet yang disesuaikan dengan kapasitas berat masing-masing sel rak pada setiap *level*.

3.3.4 *Verifikasi dan Validasi Model Matematis*

Verifikasi dan validasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dibuat sesuai dengan logika pembangunan model dan kondisi sebenarnya. Verifikasi dilakukan dengan *debug* dan *generate* model pada model yang telah dibuat disalah satu *software* optimasi. Sementara validasi dilakukan dengan melakukan *running* model menggunakan data *dummy* yang selanjutnya dicocokkan dengan hasil tata letak optimal secara manual. Jika model telah terverifikasi dan valid maka dapat dilakukan *running* model pada keseluruhan data asli. Jika model tidak terverifikasi dan valid maka dilakukan perbaikan terhadap model yang telah dibuat.

3.3.5 *Running Model Matematis*

Running model matematis dilakukan jika model yang dibuat telah terverifikasi dan valid. *Running* model dilakukan pada enam area gudang dengan menggunakan salah satu *software* optimasi. Model di *running* dengan menggunakan seluruh data hingga menghasilkan solusi yang paling optimal. Solusi yang akan diperhatikan adalah tata letak penyimpanan bahan kemasan pada gudang.

3.4 Tahap Analisis dan Interpretasi Data

Tahap analisis dan interpretasi data terdiri dari analisis gudang bahan kemasan PT X dan analisis *storage assignment* pada gudang bahan kemasan meliputi model, hasil *running* per area, dan, hasil *running* secara keseluruhan.

3.4.1 *Analisis Gudang Bahan Kemasan PT X*

Analisis gudang bahan kemasan didasarkan pada gudang bahan kemasan PT X saat ini, perluasan, dan sewa. Analisis dilakukan terkait kapasitas gudang, jenis dan jumlah kemasan yang disimpan. Selain itu dilakukan pula analisis terkait investasi sel rak baru dan penyewaan gudang.

3.4.2 *Analisis Storage Assignment*

Analisis *storage assignment* didasarkan pada analisis model *storage assignment* yang digunakan pada penelitian ini dan hasil *running* model *storage assignment* yang dilakukan pada salah satu *software* optimasi. Analisis hasil *running* model *storage assignment* dilakukan pada masing-masing area gudang bahan kemasan PT X dan secara keseluruhan area.

3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran menjelaskan penarikan kesimpulan dari penelitian ini dan pemberian saran oleh penulis berdasarkan penelitian ini. Kesimpulan dirumuskan berdasarkan tujuan dari penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya dan saran diberikan oleh penulis terkait dengan pengembangan dari penelitian ini.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

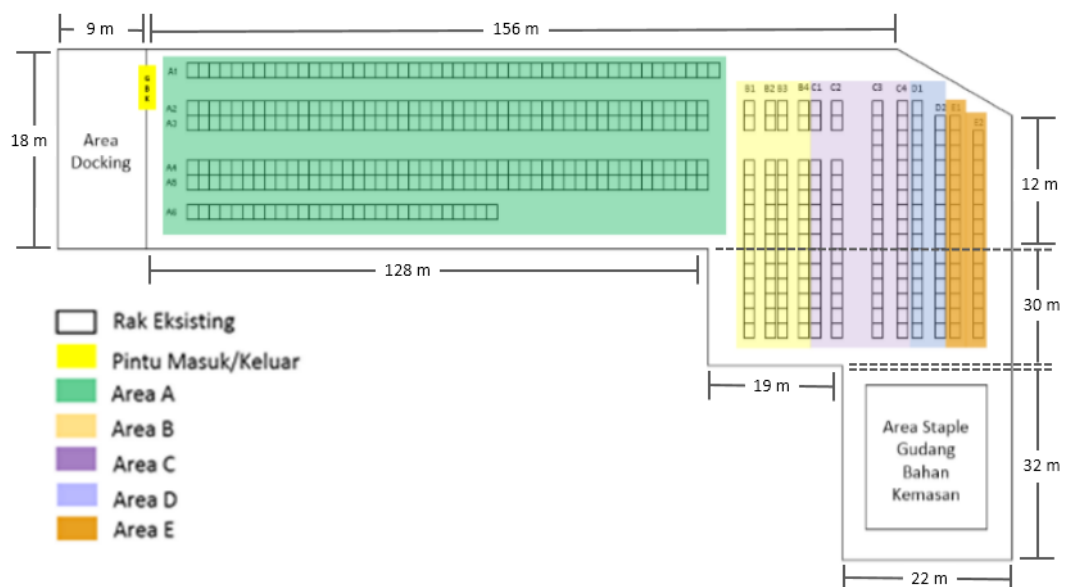
Pada bab ini dijelaskan mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Pengumpulan data terdiri dari data yang dibutuhkan terkait dengan penelitian tugas akhir ini. Berdasarkan data tersebut selanjutnya akan dilakukan pengolahan data perluasan gudang dan *storage assignment* barang.

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapatkan dari Departemen Gudang Bahan Kemasan dan Departemen PPIC PT X. Selain itu juga dilakukan wawancara dan diskusi dengan karyawan PT X. Berikut adalah data yang dikumpulkan sesuai dengan kebutuhan penelitian tugas akhir ini:

4.1.1 Data Layout, Kapasitas, dan Penomoran Sel Rak Gudang Bahan Kemasan Saat Ini

Layout gudang bahan kemasan saat ini terdiri dari area *staple*, sel rak yang dibagi menjadi lima zona, dan *docking*. Berikut adalah gambar *layout* gudang bahan kemasan saat ini.



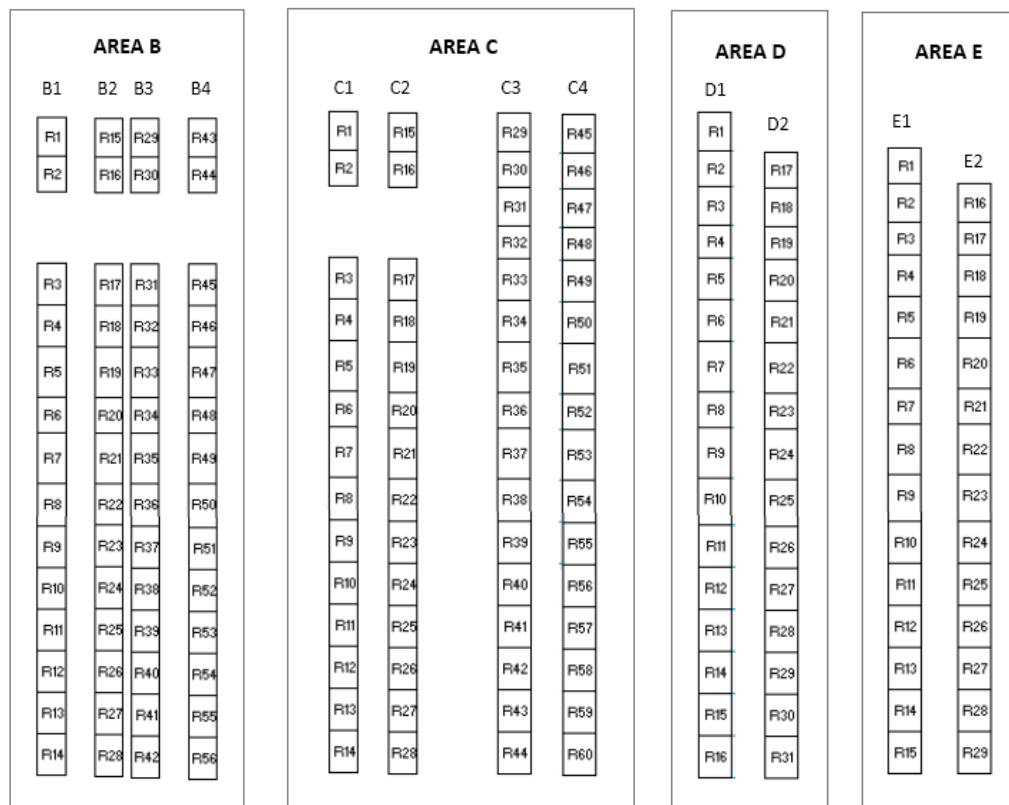
Gambar 4. 1 *Layout* Gudang Bahan Kemasan PT X Saat ini

Gambar 4.1 menjelaskan *layout* gudang bahan kemasan saat ini dengan luas sekitar 4500 m². Area *docking* digunakan untuk kegiatan *loading/unloading* barang terkait kedatangan barang dari *supplier* dan pengiriman barang ke bagian produksi. Pada gudang bahan kemasan terdapat beberapa *aisle* dengan ukuran yang telah ditetapkan yaitu sebesar 3,5 meter. Sementara penyimpanan barang dibagi menjadi dua yaitu penyimpanan di sel rak dan secara *staple* atau bersusun di area yang belum memiliki sel rak. Sel rak pada gudang dibagi menjadi lima area seperti pada Gambar 4.1 dimana masing-masing area diperlihatkan dengan warna yang berbeda. Setiap sel rak pada gudang bahan kemasan dapat menampung dua buah palet. Berikut adalah kapasitas dari masing-masing area penyimpanan.

Tabel 4. 1 Kapasitas Gudang Bahan Kemasan PT X Saat Ini

	Sel Rak	Level	Total	Area
Baris A1	48	3	144	A
Baris A2	47	3	141	
Baris A3	47	3	141	
Baris A4	47	3	141	
Baris A5	47	3	141	
Baris A6	28	3	84	
Baris B1	14	4	56	B
Baris B2	14	4	56	
Baris B3	14	4	56	
Baris B4	14	4	56	
Baris C1	14	4	56	C
Baris C2	14	4	56	
Baris C3	16	3	48	
Baris C4	16	5	80	
Baris D1	16	5	80	D
Baris D2	15	5	75	
Baris E1	15	5	75	E
Baris E2	14	3	42	
Total Sel Rak			1528	
Total <i>Staple</i> (Palet)			280	
Total Palet	3336			

Tabel 4.1 menjelaskan kapasitas gudang bahan kemasan PT X saat ini. Total jumlah palet yang dapat disimpan pada area sel rak yang dibagi menjadi 5 zona yaitu 3056 palet dan pada area *staple* sebesar 280 palet sehingga total palet yang dapat ditampung oleh gudang bahan kemasan PT X berjumlah 3336 palet. Sel rak pada baris A1 hingga A6 memiliki 6 *level* tetapi hanya 3 *level* teratas yang diperuntukan untuk gudang bahan kemasan PT X. Sementara sel rak gudang bahan kemasan PT X pada baris yang lainnya memiliki *level* rak yang beragam. Area *staple* gudang bahan kemasan memiliki ukuran panjang dan lebar yaitu 32 meter dan 22 meter dengan luas 704 m². Berikut adalah penomoran masing-masing sel rak yang dibagi berdasarkan area.



Gambar 4. 2 Penomoran Sel Rak Area B, C, D, dan E

AREA A

A1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

A2

49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

A3

96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142
----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

A4

143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

A5

190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

A6

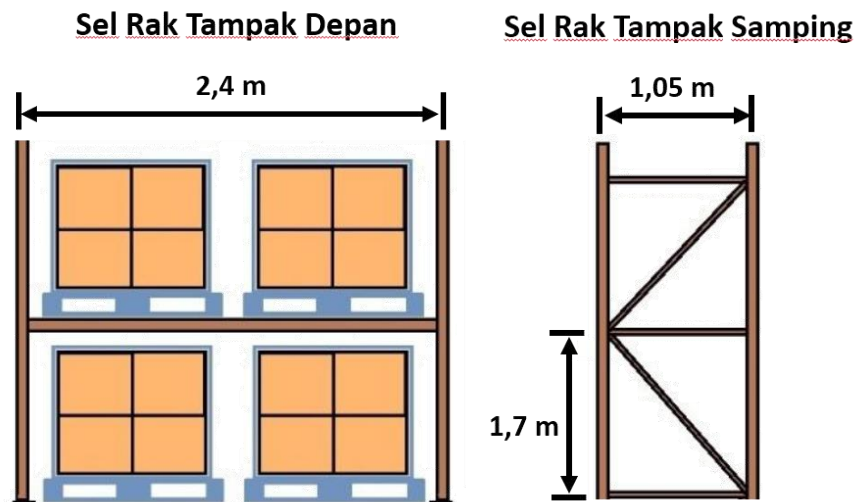
237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Gambar 4. 3 Penomoran Sel Rak Area A

Gambar 4.2 dan 4.3 menjelaskan penomoran sel rak sesuai dengan area sel rak tersebut berada. Cakupan sel rak untuk masing-masing area telah dipaparkan pada *layout* gudang bahan kemasan sebelumnya. Area A diperuntukan untuk barang dengan kategori dus, area B untuk kategori *roll*, area C untuk kategori kaleng, area D untuk kategori *tray*, dan area E untuk kategori *showbox*. Sementara area *staple* diperuntukan untuk kategori *paper*. Pada penomoran sel rak, nomor sel rak terletak pada kotak yang menyatakan sel rak dan simbol A, B, C, D, serta E menjelaskan nomor baris. Setiap sel rak akan memiliki nomor sel rak dan nomor *level*. Nomor sel rak pada setiap *level* akan bernilai sama sementara nomor *level* yang akan berbeda-beda sesuai dengan *level* yang dimiliki oleh masing-masing baris.

4.1.2 Sel Rak Gudang Bahan Kemasan

Sel rak yang digunakan pada gudang bahan kemasan PT X adalah tipe *selective pallet racking*. Tipe *selective pallet racking* mengharuskan barang diletakan pada palet. Tipe sel rak ini terdiri dari 2 batang tiang yang digabungkan dan diperkuat dengan horisontal dan diagonal *bracing*. Ilustrasi sel rak pada gudang bahan kemasan PT X dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4. 4 Ilustrasi Sel Rak

Seperti pada Gambar 4.4, setiap sel rak pada gudang bahan kemasan PT X dapat menampung dua buah palet. Palet yang diletakan pada setiap sel rak dapat berupa jenis barang yang sama ataupun berbeda, sehingga dimungkinkan pada satu sel rak terdapat dua jenis barang. Ukuran panjang sel rak yang digunakan yaitu 2,4 meter sementara lebar dan tingginya adalah 1,05 meter dan 1,7 meter. Setiap sel rak pada setiap *level* memiliki ukuran yang sama. Setiap *level* memiliki batasan berat untuk palet yang diletakan pada sel rak di *level* tersebut. Sel rak pada *level* 1 hingga *level* 6 memiliki batasan berat pada masing-masing sel rak berturut-turut yaitu 4000kg, 3000 kg, 2500 kg, 2000 kg, 1500 kg, dan 1000 kg.

4.1.3 Data Barang yang Disimpan, Standar Barang per Palet, dan Berat Barang per Palet Pada Gudang Bahan Kemasan

Data barang yang disimpan, standar barang per palet, dan berat barang per palet disajikan dalam satu tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Data Barang yang Disimpan Saat Ini Serta Standar dan Berat Barang per Palet

No.	Kemasan	Standar/ Palet	Berat/ Palet		No.	Kemasan	Standar/ Palet	Berat/ Palet
DUS					TRAY			
1	D1	1200	360		1	Y1	24000	300
2	D2	1200	360		2	Y2	24000	300
3	D3	1200	360		3	Y3	24000	300
.
.
39	D39	300	250		6	Y6	20000	300
SHOWBOX					KALENG			
1	S1	14000	250		1	K1	420	320
2	S2	20000	280		2	K2	486	400
3	S3	14000	250		3	K3	420	320
.
.
30	S30	14000	250		11	K11	252	300
ROLL					PAPER			
1	R1	54	690		1	P1	3750000	510
2	R2	72	685		2	P2	3750000	510
3	R3	48	700		3	P3	3750000	510
.
.
18	R18	48	400		32	P32	52500	310

Tabel 4.2 menjelaskan kondisi saat ini barang apa saja yang disimpan pada gudang bahan kemasan PT X. Barang kemasan yang disimpan pada gudang terdiri dari beberapa kategori yaitu *dus*, *roll*, *kaleng*, *tray*, *showbox*, dan *paper*. Selain itu pada Tabel 4.2 terdapat pula penjelasan terkait standar dan berat masing-masing barang untuk satu buah palet. Data lengkap untuk barang yang disimpan, standar per palet, dan berat barang per palet dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.1.4 Data Pengiriman Barang ke Bagian Produksi

Data pengiriman barang kemasan ke bagian produksi PT X disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. 3 Data Pengiriman Barang Kemasan ke Bagian Produksi

No	Kemas an	Pengiriman ke Produksi												Rata - Rata
		Januari				Februari				Maret				
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	
DUS														
1	D1	3	3	4	4	4	2	3	4	2	4	3	2	4
2	D2	5	6	8	2	4	10	7	10	10	4	7	5	7
3	D3	11	10	24	7	14	14	14	13	16	15	18	25	16
.
.
39	D39	0	0	0	0	0	7	59	35	8	0	0	0	10
SHOWBOX														
1	S1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	S2	3	1	4	2	0	3	2	3	3	2	2	3	3
3	S3	1	2	1	1	2	3	0	0	2	0	2	2	2
.
.
30	S30	0	0	0	0	0	5	0	10	2	0	0	0	2
ROLL														
1	R1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2	R2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	R3	1	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1
.
.
18	R18	8	4	11	7	8	6	12	12	2	3	9	4	8
TRAY														
1	Y1	6	5	8	11	9	7	3	11	10	5	9	5	8
2	Y2	43	62	34	21	35	37	65	78	45	44	52	92	51
3	Y3	70	72	45	44	47	34	0	17	54	6	46	90	44
.
.
6	Y6	13	14	25	29	26	22	15	12	29	16	19	43	22
KALENG														
1	K1	0	0	0	0	59	102	134	210	128	80	202	81	83

Tabel 4.3 Data Pengiriman Barang Kemasan Ke Bagian Produksi (Lanjutan)

No	Kemas an	Pengiriman ke Produksi												Rata - Rata
		Januari				Februari				Maret				
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	
2	K2	32	131	166	46	174	229	136	202	159	0	0	61	112
3	K3	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
.
.
11	K11	0	0	0	0	0	49	0	0	0	0	62	0	10
PAPER														
1	P1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2	P2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
3	P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
.
.
32	P32	32	15	20	33	31	25	11	7	24	33	2	9	21

Tabel 4.3 menjelaskan jumlah pengiriman barang kemasan ke bagian produksi pada bulan Januari 2017 hingga Maret 2017. Jumlah pengiriman yang dilakukan dibagi menjadi pengiriman perminggu sehingga didapatkan jumlah pengiriman selama 12 minggu. Setelah didapatkan jumlah pengiriman selama 12 minggu selanjutnya ditentukan jumlah rata-rata pengiriman perminggunya. Data lengkap terkait pengiriman barang kemasan ke bagian produksi dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.1.5 Data Tingkat Persediaan PT X

Data tingkat persediaan (*inventory*) untuk masing-masing barang kemasan pada gudang bahan kemasan PT X disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. 4 Tingkat Persediaan

No.	Kemasan	Persediaan	No.	Kemasan	Persediaan
DUS					
1	D1	6	.	.	.
2	D2	12	.	.	.
3	D3	26	39	D39	52

Tabel 4.4 Tingkat Persediaan (Lanjutan)

No.	Kemasan	Persediaan	No.	Kemasan	Persediaan
SHOWBOX			KALENG		
1	S1	3	1	K1	292
2	S2	10	2	K2	244
3	S3	6	3	K3	6
.
.
30	S30	9	11	K11	57
ROLL			PAPER		
1	R1	4	1	P1	4
2	R2	4	2	P2	3
3	R3	3	3	P3	4
.
.
18	R18	15	32	P32	62
TRAY					
1	Y1	13	.	.	.
2	Y2	137	.	.	.
3	Y3	133	6	Y6	61

Tabel 4.4 menjelaskan tingkat persediaan bahan kemasan pada gudang bahan kemasan PT X. Perhitungan tingkat persediaan yang digunakan oleh PT X adalah dengan menjumlahkan *safety stock* dengan *demand* selama *lead time* untuk masing-masing barang. Cara penentuan tingkat persediaan tersebut telah diuraikan pada subbab 2.2. Total persediaan (*inventory*) semua bahan kemasan adalah 5346 palet. Data lengkap terkait tingkat persediaan bahan kemasan dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.1.6 Data Kecepatan Material Handling

Material handling yang digunakan gudang bahan kemasan PT X adalah *reach truck*. *Reach truck* bertugas untuk mengambil barang pada sel rak yang selanjutnya diletakan pada titik *transfer* dan sebaliknya. *Reach truck* yang digunakan memiliki kecepatan horisontal sebesar 4,5 km/jam dan kecepatan vertikal sebesar 1,2 km/jam.

4.1.7 Data Waktu Tempuh Setiap Sel Rak ke Titik Transfer

Data waktu tempuh setiap sel rak ke titik *transfer* dalam satuan detik pada gudang bahan kemasan PT X dengan penomoran sel rak yang diuraikan pada subbab 4.1.1 disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. 5 Data Waktu Tempuh Setiap Sel Rak

AREA A	Level 4	Level 5	Level 6	AREA A	Level 4	Level 5	Level 6
R1	43.26	48.36	53.46	R4	49.02	54.12	59.22
R2	45.18	50.28	55.38	R5	50.94	56.04	61.14
R3	47.1	52.2	57.3	R6	52.86	57.96	63.06
.
.				.			
R263	104.14	109.24	114.34	R264	106.06	111.16	116.26
AREA B	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	
R1	130.44	135.54	140.64	145.74	150.84	155.94	
R2	128.52	133.62	138.72	143.82	148.92	154.02	
R3	130.52	135.62	140.72	145.82	150.92	156.02	
.
.
R56	158.12	163.22	168.32	173.42	178.52	183.62	
AREA C	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	
R1	139.4	144.5	149.6	154.7	159.8	164.9	
R2	137.48	142.58	147.68	152.78	157.88	162.98	
R3	139.48	144.58	149.68	154.78	159.88	164.98	
.
.
R60	171.8	176.9	182	187.1	192.2	197.3	
AREA D	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	
R1	203.08	208.18	213.28	218.38	223.48	228.58	
R2	201.16	206.26	211.36	216.46	221.56	226.66	
R3	199.24	204.34	209.44	214.54	219.64	224.74	
.
.
R31	176.28	181.38	186.48	191.58	196.68	201.78	
AREA E	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	
R1	205.64	210.74	215.84	220.94	226.04	231.14	
R2	203.72	208.82	213.92	219.02	224.12	229.22	
R3	201.8	206.9	212	217.1	222.2	227.3	
.
.
R29	180.76	185.86	190.96	196.06	201.16	206.26	

Tabel 4.5 menjelaskan waktu tempuh setiap sel rak ke titik *transfer* yang didapatkan dari penjumlahan waktu tempuh secara horisontal dan vertikal. Waktu tempuh tersebut didapatkan dari jarak tempuh dibagi kecepatan sesuai dengan nilai kecepatan pada subbab 4.2.6. Sel rak pada *level* 1 hanya memiliki waktu tempuh secara horisontal sementara sel rak pada *level* 2 hingga 6 memiliki waktu tempuh secara horisontal dan vertikal. Selain itu ditambahkan pula waktu masuk dan keluar garpu *reach truck* untuk masing-masing sel rak. Data lengkap terkait waktu tempuh setiap sel rak dapat dilihat pada Lampiran 4. Berikut adalah contoh perhitungan waktu tempuh untuk sel rak pada area A, nomor satu, dan *level* empat:

- Jarak horisontal = 4,95 m
- Kecepatan horisontal = 4,5 km/jam = 1,25 m/detik
- Waktu horisontal = $\frac{\text{Jarak Horisontal}}{\text{Kecepatan Horisontal}}$
 $= \frac{4,95 \text{ m}}{1,25 \text{ m/detik}}$
 $= 3,96 \text{ detik}$
- Jarak vertikal = 3 x 1,7 m = 5,1 m
- Kecepatan vertikal = 1,2 km/jam = 0,33 m/detik
- Waktu vertikal = $\frac{\text{Jarak Vertikal}}{\text{Kecepatan Vertikal}}$
 $= \frac{5,1 \text{ m}}{0,33 \text{ m/detik}}$
 $= 15,3 \text{ detik}$
- Waktu garpu masuk & keluar = 24 detik
- Waktu total = waktu horisontal + waktu vertikal + waktu garpu masuk & keluar
 $= 3,96 + 15,3 + 24$
 $= 43,26 \text{ detik}$

Perhitungan waktu vertikal untuk setiap sel rak pada *level* yang sama akan bernilai sama, sementara yang akan berbeda adalah waktu horisontal-nya. Berikut adalah perhitungan waktu vertikal untuk masing-masing *level*:

$$\text{Level 2} = \frac{(1 \times 1,7) \text{ m}}{0,33 \text{ m/detik}} = 5,1 \text{ detik}$$

$$\text{Level 3} = \frac{(2 \times 1,7) \text{ m}}{0,33 \text{ m/detik}} = 10,2 \text{ detik}$$

$$\text{Level 4} = \frac{(3 \times 1,7) \text{ m}}{0,33 \text{ m/detik}} = 15,3 \text{ detik}$$

$$\text{Level 5} = \frac{(4 \times 1,7) \text{ m}}{0,33 \text{ m/detik}} = 20,4 \text{ detik}$$

$$\text{Level 6} = \frac{(5 \times 1,7) \text{ m}}{0,33 \text{ m/detik}} = 25,5 \text{ detik}$$

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan data yang telah terkumpul. Pengolahan data yang dilakukan terkait dengan perluasan gudang bahan kemasan PT X saat ini, penentuan jenis barang yang disimpan pada gudang bahan kemasan PT X, serta model *storage assignment* pada gudang bahan kemasan PT X.

4.2.1 Perluasan Gudang Bahan Kemasan Saat Ini

Perluasan gudang bahan kemasan PT X dilakukan dengan penambahan sel rak baru. Sel rak baru yang ditambahkan memiliki dimensi ukuran yang sama dengan sel rak saat ini pada gudang bahan kemasan PT X. Penambahan sel rak dilakukan dengan batasan luas dan tinggi gudang. Penambahan sel rak dilakukan pada rak saat ini yang memiliki ketinggian *level* belum maksimal dan pada area *staple* atau area yang belum memiliki sel rak. *Level* maksimal pada gudang bahan kemasan PT X adalah 6 *level*. Penambahan pada sel rak yang belum memiliki ketinggian *level* maksimal dilakukan pada area B, C, D, dan E. Sementara pada area *staple* akan dilakukan penambahan baris sel rak baru dengan *level* yang maksimal. Penambahan sel rak pada area *staple* diuraikan sebagai berikut.

- Ukuran area *staple* : 32 m x 22 m
- Ukuran sel rak = Panjang : 2,4 m
= Lebar : 1,05 m
- Lebar *aisle* : 3,5 m

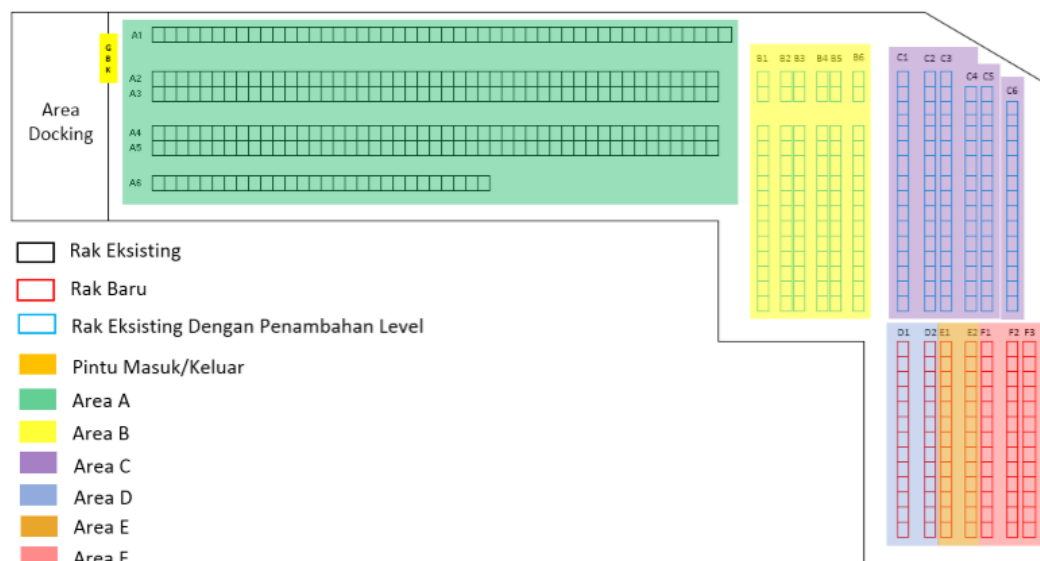
- Baris sel rak baru : 7 baris + 4 *aisle*

$$: (7 \times 1,05) + (4 \times 3,5 \text{ m})$$

$$: 7,35 \text{ m} + 14 \text{ m}$$

$$: 21,35 \text{ m}$$
- Jumlah sel rak baru: 13 sel rak
$$: 13 \times 2,4 \text{ m} = 31,2 \text{ m}$$

Berdasarkan luas area *staple* yang tersedia maka dapat dilakukan penambahan sel rak baru dengan jumlah 7 baris dimana masing-masing baris memiliki 13 sel rak dan masing-masing sel rak memiliki *level* yang maksimal yaitu 6. Penambahan sel rak menyebabkan *layout* gudang bahan kemasan PT X berubah dan terdapat perubahan serta penambahan area baru pada gudang dengan rincian sebagai berikut.



Gambar 4. 5 *Layout* Gudang Bahan Kemasan Saat Ini dan Perluasan

Berdasarkan Gambar 4.5 area *staple* ditiadakan dan diganti dengan sel rak baru. Selain itu terdapat penambahan satu area yaitu area F dan perubahan pada area B, C, D, dan E. Pada area B, C, D, dan E dilakukan penambahan dan pemindahan cakupan sel rak. Sementara penambahan sel rak dilakukan dengan

memaksimalkan *level* dan atau menambahkan baris pada masing-masing cakupan area. Sementara pemindahan cakupan area dilakukan dengan merubah posisi awal masing-masing cakupan tersebut. Penambahan sel rak juga berdampak pada perubahan kapasitas sel rak gudang bahan kemasan PT X. Berikut adalah kapasitas gudang bahan kemasan setelah perluasan:

Tabel 4. 6 Kapasitas Gudang Bahan Kemasan PT X Setelah Perluasan

	Sel Rak	Level	Total	Area
Baris A1	48	3	144	A
Baris A2	47	3	141	
Baris A3	47	3	141	
Baris A4	47	3	141	
Baris A5	47	3	141	
Baris A6	28	3	84	
Baris B1	14	6	84	B
Baris B2	14	6	84	
Baris B3	14	6	84	
Baris B4	14	6	84	
Baris B5	14	6	84	
Baris B6	14	6	84	
Baris C1	16	6	96	C
Baris C2	16	6	96	
Baris C3	16	6	96	
Baris C4	15	6	90	
Baris C5	15	6	90	
Baris C6	14	6	84	
Baris D1	13	6	78	D
Baris D2	13	6	78	
Baris E1	13	6	78	E
Baris E2	13	6	78	
Baris F1	13	6	78	F
Baris F2	13	6	78	
Baris F3	13	6	78	
Total Sel Rak			2394	
Total Palet	4788			

Tabel 4.6 menjelaskan kapasitas gudang bahan kemasan PT X setelah dilakukan perluasan. Seluruh tempat penyimpanan terdiri dari sel rak dengan total palet yang dapat ditampung pada 6 area yaitu 4788 palet. Dengan adanya

penambahan sel rak dan area pada gudang bahan kemasan PT X maka terdapat pula perubahan pada penomoran sel rak per area sebagai berikut.



Gambar 4. 6 Penomoran Sel Rak Setelah Perluasan Area B dan C



Gambar 4. 7 Penomoran Sel Rak Setelah Perluasan Area D, E, dan F

AREA A

A1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

A2

49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

A3

96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142
----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

A4

143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

A5

190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

A6

237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Gambar 4. 8 Penomoran Sel Rak Setelah Perluasan Area A

Gambar 4.6, 4.7, dan 4.8 menjelaskan penomoran sel rak sesuai dengan area sel rak tersebut berada. Cakupan sel rak setelah perluasan untuk masing-masing area telah dipaparkan pada *layout* gudang bahan kemasan setelah perluasan. Setelah dilakukan perluasan maka area A diperuntukan untuk barang dengan kategori *dus*, area B untuk kategori *roll*, area C untuk kategori *kaleng*, area D untuk kategori *tray*, area E untuk kategori *showbox*, dan area F untuk kategori *paper*. Perubahan area dan penomoran sel rak akan menyebabkan data waktu tempuh masing-masing sel rak ke titik *transfer* berubah sebagai berikut.

Tabel 4. 7 Data Waktu Tempuh Setiap Sel Rak Setelah Perluasan

AREA A	Level 4	Level 5	Level 6	AREA A	Level 4	Level 5	Level 6
R1	43.26	48.36	53.46	R4	49.02	54.12	59.22
R2	45.18	50.28	55.38	R5	50.94	56.04	61.14
R3	47.1	52.2	57.3	R6	52.86	57.96	63.06
.
.				.			
R263	104.14	109.24	114.34	R264	106.06	111.16	116.26
AREA B	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 6
R1	130.44	135.54	140.64	145.74	150.84	155.94	
R2	128.52	133.62	138.72	143.82	148.92	154.02	
R3	130.52	135.62	140.72	145.82	150.92	156.02	
.
.
R84	162.6	167.7	172.8	177.9	183	188.1	
AREA C	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 6
R1	198.6	203.7	208.8	213.9	219	224.1	
R2	196.68	201.78	206.88	211.98	217.08	222.18	
R3	194.76	199.86	204.96	210.06	215.16	220.26	
.
.
R92	180.76	185.86	190.96	196.06	201.16	206.26	
AREA D	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 6
R1	206.28	211.38	216.48	221.58	226.68	231.78	
R2	204.36	209.46	214.56	219.66	224.76	229.86	
R3	202.44	207.54	212.64	217.74	222.84	227.94	
.
.
R26	198.12	203.22	208.32	213.42	218.52	223.62	
AREA E	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 6
R1	177.08	182.18	187.28	192.38	197.48	202.58	
R2	179	184.1	189.2	194.3	199.4	204.5	
.
.
R26	202.6	207.7	212.8	217.9	223	228.1	
AREA F	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 6
R1	181.56	186.66	191.76	196.86	201.96	207.06	
R2	183.48	188.58	193.68	198.78	203.88	208.98	
.
.
R39	209.08	214.18	219.28	224.38	229.48	234.58	

Tabel 4.7 menjelaskan waktu tempuh setiap sel rak ke titik *transfer* setelah adanya perluasan gudang berupa penambahan sel rak. Waktu tempuh tersebut didapatkan dengan perhitungan yang sama seperti pada subbab 4.1.7 yaitu dari penjumlahan waktu tempuh secara horizontal, waktu tempuh secara vertikal, dan waktu garpu masuk dan keluar. Data lengkap terkait waktu tempuh setiap sel rak setelah perluasan dapat dilihat pada Lampiran 5.

4.2.2 Penentuan Jenis Barang Kemasan

Sesuai dengan peraturan awal gudang bahan kemasan PT X yaitu penyimpanan barang dibagi menjadi beberapa area dimana masing-masing area mewakili satu kategori kemasan maka akan ditentukan jenis barang kemasan apa saja yang akan diletakan pada masing-masing area yang ada. Penentuan jenis barang kemasan didasarkan pada kapasitas palet masing-masing area, jumlah persediaan masing-masing kategori, dan frekuensi pengiriman masing-masing barang kemasan per kategori.

Terdapat enam kategori bahan kemasan yang akan diletakan pada enam area yang berbeda. Pembagian area pada gudang bahan kemasan PT X ditentukan berdasarkan peraturan awal gudang dan hasil diskusi dengan Manajer Gudang Bahan Kemasan PT X. Kapasitas palet untuk masing-masing area disesuaikan dengan hasil perluasan gudang. Jenis barang kemasan dengan frekuensi pengiriman yang lebih banyak akan diutamakan untuk diletakan pada area yang seharusnya pada gudang bahan kemasan PT X.

4.2.2.1 Penentuan Jenis Barang Kemasan Pada Area A

Area A merupakan tempat penyimpanan barang kemasan dengan kategori dus. Berikut adalah jenis-jenis dus pada PT X yang diurutkan berdasarkan frekuensi terbesar hingga terkecil:

Tabel 4. 8 Jenis Barang Kemasan Pada Area A

No.	Kemasan	Berat/ Palet	Frek	Persediaan	Kumulatif Inventory
1	D19	360	137	187	187
2	D11	360	89	257	444
3	D31	250	57	90	534
4	D14	250	56	196	730
5	D10	250	39	56	786
6	D4	360	37	89	875
7	D32	300	24	90	965
8	D3	360	16	26	991
9	D23	300	15	52	1043
10	D12	250	14	40	1083
11	D5	360	13	23	1106
12	D20	300	13	30	1136
13	D22	320	12	41	1177
14	D35	300	12	54	1231
15	D13	250	11	23	1254
16	D24	300	10	38	1292
17	D25	300	10	42	1334
18	D39	250	10	52	1386
19	D29	260	9	21	1407
20	D17	360	8	30	1437
21	D33	300	8	25	1462
22	D2	360	7	12	1474
23	D6	350	6	13	1487
24	D36	300	5	14	1501
25	D37	320	5	17	1518
26	D1	360	4	6	1524
27	D28	360	4	13	1537
28	D30	250	4	14	1551
29	D9	250	3	8	1559
30	D15	390	3	10	1569
31	D18	360	3	13	1582
32	D21	300	3	12	1594
33	D26	300	2	11	1605
34	D34	300	2	7	1612
35	D38	250	2	7	1619
36	D7	360	1	6	1625
37	D8	250	1	5	1630
38	D16	360	1	4	1634
39	D27	360	1	5	1639

Area A memiliki kapasitas penyimpanan sebesar 1584 palet sementara jumlah persediaan seluruh jenis dus adalah 1639 palet sehingga jenis dus dengan frekuensi tertinggi saja yang akan diletakan pada area A. Berdasarkan tabel 4.8 terdapat 31 jenis dus yang akan diletakan di area A. Sementara jenis dus yang tidak dapat ditampung pada area A dapat diletakan pada area lain jika terdapat sel rak yang kosong.

4.2.2.2 Penentuan Jenis Barang Kemasan Pada Area B

Area B merupakan tempat penyimpanan barang kemasan dengan kategori *roll*. Berikut adalah jenis-jenis *roll* pada PT X yang diurutkan berdasarkan frekuensi terbesar hingga terkecil:

Tabel 4. 9 Jenis Barang Kemasan Pada Area B

No.	Kemasan	Berat/ Palet	Frek	Persediaan	Kumulatif Inventory
ROLL					
1	R11	450	298	771	771
2	R7	320	35	125	896
3	R13	515	22	58	954
4	R15	70	13	51	1005
5	R16	400	13	37	1042
6	R1	490	11	16	1058
7	R8	400	11	20	1078
8	R4	400	8	30	1108
9	R18	400	8	15	1123
10	R10	320	7	19	1142
11	R9	400	6	10	1152
12	R14	515	6	18	1170
13	R2	490	4	6	1176
14	R5	400	4	17	1193
15	R12	320	4	11	1204
16	R3	400	3	17	1221
17	R6	400	3	10	1231
18	R17	400	3	10	1241

Area B memiliki kapasitas penyimpanan sebesar 1008 palet sementara jumlah persediaan seluruh jenis *roll* adalah 1241 palet sehingga jenis *roll* dengan

frekuensi tertinggi saja yang akan diletakan pada area B. Berdasarkan tabel 4.9 terdapat 4 jenis *roll* yang akan diletakan di area B. Sementara jenis *roll* yang tidak dapat ditampung pada area B dapat diletakan pada area lain jika terdapat sel rak yang kosong.

4.2.2.3 Penentuan Jenis Barang Kemasan Pada Area C

Area C merupakan tempat penyimpanan barang kemasan dengan kategori kaleng. Berikut adalah jenis-jenis kaleng pada PT X yang diurutkan berdasarkan frekuensi terbesar hingga terkecil:

Tabel 4. 10 Jenis Barang Kemasan Pada Area C

No.	Kemasan	Berat/ Palet	Frek	Persediaan	Kumulatif Inventory
KALENG					
1	K4	340	117	284	284
2	K2	400	112	244	528
3	K1	320	83	292	820
4	K6	250	40	181	1001
5	K11	300	10	57	1058
6	K10	300	4	18	1076
7	K8	400	3	16	1092
8	K7	400	2	11	1103
9	K9	400	2	9	1112
10	K3	320	1	6	1118
11	K5	250	1	3	1121

Area C memiliki kapasitas penyimpanan sebesar 1104 palet sementara jumlah persediaan seluruh jenis kaleng adalah 1121 palet sehingga jenis kaleng dengan frekuensi tertinggi saja yang akan diletakan pada area C. Berdasarkan tabel 4.10 terdapat 8 jenis kaleng yang akan diletakan di area C. Sementara jenis kaleng yang tidak dapat ditampung pada area C dapat diletakan pada area lain jika terdapat sel rak yang kosong.

4.2.2.4 Penentuan Jenis Barang Kemasan Pada Area D

Area D merupakan tempat penyimpanan barang kemasan dengan kategori *tray*. Berikut adalah jenis-jenis *tray* pada PT X yang diurutkan berdasarkan frekuensi terbesar hingga terkecil:

Tabel 4. 11 Jenis Barang Kemasan Pada Area D

No.	Kemasan	Berat/ Palet	Frek	Persediaan	Kumulatif Inventory
TRAY					
1	Y2	300	51	137	137
2	Y3	350	44	133	270
3	Y6	300	22	61	331
4	Y4	320	19	51	382
5	Y1	300	8	13	395
6	Y5	320	8	23	418

Area D memiliki kapasitas penyimpanan sebesar 312 palet sementara jumlah persediaan seluruh jenis *tray* adalah 418 palet sehingga jenis *tray* dengan frekuensi tertinggi saja yang akan diletakan pada area D. Berdasarkan tabel 4.11 terdapat 3 jenis *tray* yang akan diletakan di area D. Sementara jenis *tray* yang tidak dapat ditampung pada area D dapat diletakan pada area lain jika terdapat sel rak yang kosong.

4.2.2.5 Penentuan Jenis Barang Kemasan Pada Area E

Area E merupakan tempat penyimpanan barang kemasan dengan kategori *showbox*. Berikut adalah jenis-jenis *showbox* pada PT X yang diurutkan berdasarkan frekuensi terbesar hingga terkecil:

Tabel 4. 12 Jenis Barang Kemasan Pada Area E

No.	Kemasan	Berat/ Palet	Frek	Persediaan	Kumulatif Inventory
SHOWBOX					
1	S14	280	57	77	77
2	S28	250	14	56	133
3	S5	280	13	18	151
4	S24	330	8	28	179

Tabel 4.12 Jenis Barang Kemasan Pada Area E (Lanjutan)

No.	Kemasan	Berat/ Palet	Frek	Persediaan	Kumulatif Inventory
5	S25	330	8	28	207
6	S17	300	7	17	224
7	S7	280	5	9	233
8	S10	250	5	27	260
9	S11	250	4	13	273
10	S27	250	4	12	285
11	S29	250	4	13	298
12	S2	280	3	10	308
13	S23	300	3	15	323
14	S26	250	3	7	330
15	S3	250	2	6	336
16	S9	250	2	14	350
17	S22	300	2	7	357
18	S30	250	2	9	366
19	S1	250	1	3	369
20	S4	250	1	3	372
21	S6	280	1	3	375
22	S8	300	1	3	378
23	S12	250	1	5	383
24	S13	250	1	4	387
25	S15	280	1	4	391
26	S16	300	1	3	394
27	S18	300	1	3	397
28	S19	300	1	3	400
29	S20	300	1	4	404
30	S21	300	1	4	408

Area E memiliki kapasitas penyimpanan sebesar 312 palet sementara jumlah persediaan seluruh jenis *showbox* adalah 408 palet sehingga jenis *showbox* dengan frekuensi tertinggi saja yang akan diletakan pada area E. Berdasarkan tabel 4.12 terdapat 12 jenis *showbox* yang akan diletakan di area E. Sementara jenis *showbox* yang tidak dapat ditampung pada area E dapat diletakan pada area lain jika terdapat sel rak yang kosong.

4.2.2.6 Penentuan Jenis Barang Kemasan Pada Area F

Area F merupakan tempat penyimpanan barang kemasan dengan kategori *paper*. Berikut adalah jenis-jenis *paper* pada PT X yang diurutkan berdasarkan frekuensi terbesar hingga terkecil:

Tabel 4. 13 Jenis Barang Kemasan Pada Area F

No.	Kemasan	Berat/ Palet	Frek	Persediaan	Kumulatif Inventory
PAPER					
1	P22	200	37	140	140
2	P21	200	28	101	241
3	P32	310	21	62	303
4	P14	70	7	51	354
5	P23	70	5	7	361
6	P10	180	4	8	369
7	P28	345	4	12	381
8	P15	215	3	5	386
9	P24	70	3	5	391
10	P30	100	3	7	398
11	P31	100	3	11	409
12	P11	150	2	8	417
13	P12	150	2	4	421
14	P13	160	2	4	425
15	P16	250	2	4	429
16	P17	150	2	9	438
17	P18	290	2	6	444
18	P19	300	2	8	452
19	P20	300	2	7	459
20	P25	40	2	6	465
21	P26	180	2	6	471
22	P27	400	2	6	477
23	P29	130	2	8	485
24	P1	510	1	4	489
25	P2	510	1	4	493
26	P3	510	1	4	497
27	P4	510	1	4	501
28	P5	510	1	3	504
29	P6	510	1	3	507
30	P7	510	1	4	511
31	P8	510	1	4	515
32	P9	510	1	4	519

Area F memiliki kapasitas penyimpanan sebesar 468 palet sementara jumlah persediaan seluruh jenis *paper* adalah 519 palet sehingga jenis *paper* dengan frekuensi tertinggi saja yang akan diletakan pada area F. Berdasarkan tabel 4.13 terdapat 20 jenis *paper* yang akan diletakan di area F. Sementara jenis *paper* yang tidak dapat ditampung pada area F dapat diletakan pada area lain jika terdapat sel rak yang kosong.

4.2.2.7 Penentuan Jenis Barang Kemasan di Gudang Sewa

Semua kategori barang kemasan memiliki jumlah persediaan yang lebih besar dari pada kapasitas palet pada sel rak area yang tersedia. Sehingga jenis barang yang tidak dapat ditampung sesuai dengan areanya tidak dapat diletakan pada sel rak di area lain karena semua sel rak pada semua area sudah terisi. Jenis barang yang tidak dapat ditampung inilah yang pada kondisi saat ini diletakan pada area *aisle* dan *docking*. Agar kegiatan pergudangan dapat berjalan dengan baik maka diberikan alternatif solusi berupa penyewaan gudang. Dengan menyewa gudang maka jenis barang yang tidak tertampung dapat diletakan pada gudang sewa sehingga tidak diletakan pada area *aisle* dan *docking* gudang bahan kemasan PT X. Berikut adalah jenis barang yang diletakan pada gudang sewa:

Tabel 4. 14 Jenis Barang Kemasan Pada Gudang Sewa

No.	Kemasan	Berat/ Palet	Frek	Persediaan	Kumulatif Inventory
Area A - DUS					
1	D21	300	3	12	12
2	D26	300	2	11	23
3	D34	300	2	7	30
.
.
8	D27	360	1	5	57
Area B - SHOWBOX					
1	S23	300	3	15	15
2	S26	250	3	7	22
3	S3	250	2	6	28
.
.
18	S21	300	1	4	100

Tabel 4.14 Jenis Barang Kemasan Pada Gudang Sewa (Lanjutan)

No.	Kemasan	Berat/ Palet	Frek	Persediaan	Kumulatif Inventory
Area C - ROLL					
1	R16	400	13	37	37
2	R1	490	11	16	53
3	R8	400	11	20	73
.
.
14	R17	400	3	10	236
Area D – TRAY					
1	Y6	300	22	19	19
2	Y4	320	19	51	70
3	Y1	300	8	13	83
4	Y5	320	8	23	106
Area E – KALENG					
1	K9	400	2	9	9
2	K3	320	1	6	15
3	K5	250	1	3	18
Area F – PAPER					
1	P26	180	2	6	6
2	P27	400	2	6	12
3	P29	130	2	8	20
.
.
12	P9	510	1	4	54

Berdasarkan tabel 4.14 dapat diketahui bahwa terdapat beberapa jenis barang pada semua kategori yang akan diletakan pada gudang sewa. Rincian barang tersebut adalah 8 jenis dus, 18 jenis *showbox*, 14 jenis *roll*, 4 jenis *tray*, 3 jenis kaleng, dan 12 jenis *paper*. Total barang kemasan yang seharusnya diletakkan pada gudang sewa adalah 558 palet akan tetapi dilakukan pembulatan sesuai dengan jenis barang pada masing-masing kategori sehingga total barang yang akan diletakan pada gudang sewa yaitu sebesar 571 palet. Data lengkap terkait jenis barang kemasan pada gudang sewa dapat dilihat pada Lampiran 6.

4.2.3 Model Storage Assignment

Model optimasi *storage assignment* yang digunakan pada penelitian ini diadaptasi dari model *storage assignment* milik Guerriero (2013) dengan beberapa penyesuaian dan penambahan pada fungsi tujuan dan konstrain. Model *storage assignment* yang digunakan akan menghasilkan *output* penataan barang pada gudang saat ini dan perluasan yang selanjutnya akan disebut gudang utama serta pada gudang sewa. Berikut adalah model *storage assignment* yang hendak digunakan pada penelitian ini:

Notasi:

i : index kemasan $i = 1, 2, \dots, m$

s : index lokasi/*pallet position* $j = 1, 2, \dots, n$

l : index level/*pallet position* $= 1, 2, \dots, p$

$t_{s,l}$: waktu antara sel rak s level l dengan titik transfer

f_i : frekuensi aliran kemasan i dalam seminggu

r_i : jumlah kapasitas palet kemasan i

$Kap_{s,l}$: kapasitas simpan tiap sel rak s level l

b_i : berat satu palet kemasan i

b_l : berat tiap sel rak pada level l

$z_{i,s,l}$: ketentuan kemasan i diletakan pada sel rak s level l gudang utama atau pada gudang sewa

Variabel keputusan:

$x_{i,s,l} = \begin{cases} 1 & : \text{jika palet kemasan } i \text{ diletakan pada rak } s \text{ level } l \\ 0 & : \text{selain itu} \end{cases}$

$y_{i,s,l} = \begin{cases} 0 & : \text{jika 0 palet kemasan } i \text{ diletakan pada rak } s \text{ level } l \\ 1 & : \text{jika 1 palet kemasan } i \text{ diletakan pada rak } s \text{ level } l \\ 2 & : \text{jika 2 palet kemasan } i \text{ diletakan pada rak } s \text{ level } l \end{cases}$

$y_{i,s,l}$ = jumlah palet kemasan i yang disimpan pada rak s level l

Fungsi Tujuan:

$$\text{Min } Z = \sum_{s=1}^n \sum_{l=1}^p t_{s,l} \sum_{i=1}^m f_i \frac{y_{i,s,l}}{r_i} \quad (4.1)$$

Konstrain:

$$\sum_{s=1}^n \sum_{l=1}^p y_{i,s,l} = r_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^m y_{i,s,l} \leq Kap_{s,l} \quad \forall s = 1, 2, \dots, n \text{ \& } l = 1, 2, \dots, p \quad (4.3)$$

$$\frac{y_{i,s,l}}{r_i} \leq x_{i,s,l} \times z_{i,s,l} \leq M \frac{y_{i,s,l}}{r_i} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n; s = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, p \quad (4.4)$$

$$y_{i,s,l} \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n; s = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, p \quad (4.5)$$

$$x_{i,s,l} \in (0,1) \quad \forall i = 1, 2, \dots, n; s = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, p \quad (4.6)$$

$$\sum_{i=1}^m y_{i,s,l} b_i \leq b_l \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \text{ \& } l = 1, 2, \dots, p \quad (4.7)$$

$$y_{i,s,l} \in integer \quad \forall i = 1, 2, \dots, n; s = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, p \quad (4.8)$$

Model optimasi *storage assignment* yang digunakan memiliki tujuan untuk meminimasi waktu pengambilan/*picking time* barang, hal tersebut dinyatakan pada fungsi tujuan (4.1). Waktu pengambilan yang dimaksud merupakan waktu perpindahan *material handling* dari titik *transfer* hingga ke lokasi sel rak dimana kemasan akan diambil untuk memenuhi permintaan dari bagian produksi. Persamaan (4.2) menyatakan jumlah palet kemasan *i* yang diletakan pada sel rak *s level l* sama dengan jumlah kapasitas slot penyimpanan palet kemasan *i* yang telah ditentukan pada gudang. Persamaan (4.3) menyatakan jumlah palet kemasan *i* yang diletakkan pada sel rak *s level l* tidak boleh melebihi kapasitas simpan setiap sel rak *s* pada *level l*, dimana setiap sel rak memiliki kapasitas dua buah palet. Persamaan (4.4) memastikan jika variabel x_{isl} bernilai 0 maka variabel y_{isl}/r_i juga akan bernilai 0 dan jika variabel x_{isl} bernilai lebih besar dari 0 maka variabel y_{isl}/r_i juga akan bernilai lebih besar dari 0. Selain itu persamaan (4.4) juga menentukan lokasi penyimpanan kemasan *i*, apakah diletakan pada gudang utama atau pada gudang sewa. Persamaan (4.5) menyatakan ketentuan jumlah palet kemasan *i* pada sel rak *s level l*. Persamaan (4.7) menyatakan berat palet kemasan *i* pada sel rak *s level l* tidak melebihi kapasitas berat *level l*. Jumlah variabel keputusan yang akan dihasilkan adalah perkalian antara jumlah sel rak dengan jumlah bahan kemasan.

4.2.3.1 Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan *running* model pada Solver salah satu *software* statistik menggunakan data *dummy*. Selanjutnya akan dilakukan

perbandingan antara hasil *running* model dengan hasil penentuan tata letak optimal secara manual. Validasi dilakukan dengan menggunakan 5 buah barang kemasan dengan rincian seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. 15 Frekuensi Pengiriman, Kapasitas Slot pada Gudang, dan Berat Barang per Palet

Kemasan	Frekuensi	Slot Palet pada Gudang	Berat/ Palet	Warna
D1	13	15	360	
D2	8	11	420	
D3	6	8	510	
D4	5	7	300	
D5	3	5	600	

Tabel 4.15 menjelaskan data *dummy* untuk frekuensi pengiriman ke bagian produksi, kapasitas sel rak pada gudang, dan berat barang per palet untuk masing-masing barang kemasan. Barang kemasan tersebut akan diletakkan pada gudang utama dengan kapasitas 18 sel rak yang setara dengan 36 palet. Sementara jumlah barang yang hendak disimpan bernilai lebih besar dari kapasitas gudang utama yang tersedia sehingga diperlukan kapasitas tambahan berupa gudang sewa. Kapasitas pada gudang sewa yang dibutuhkan yaitu sebesar 6 sel rak atau setara dengan 12 palet. Penyimpanan pada gudang utama akan diletakan pada sel rak dengan tinggi 6 *level* dan masing-masing *level* terdiri dari 3 sel rak. Sementara penyimpanan pada gudang sewa akan diletakan pada sel rak dengan tinggi 6 *level* dan masing-masing *level* terdiri dari 1 sel rak. Penentuan tata letak optimal yang dilakukan memiliki tujuan untuk meminimasi waktu, berikut adalah data waktu yang digunakan.

Tabel 4. 16 Waktu Setiap Sel Rak ke Titik Transfer

WAKTU		Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
Gudang Utama	R1	27.96	33.06	38.16	43.26	48.36	53.46
	R2	29.88	34.98	40.08	45.18	50.28	55.38
	R3	31.8	36.9	42	47.1	52.2	57.3
Gudang Sewa	R1	27.96	33.06	38.16	43.26	48.36	53.46

Tabel 4.16 menjelaskan waktu yang dibutuhkan untuk mengambil barang pada masing-masing sel rak pada gudang utama dan gudang sewa. Waktu pada gudang utama diambil dari data waktu sel rak pada baris B1 gudang bahan kemasan PT X. Sementara waktu pada gudang sewa diasumsikan sama dengan waktu pada gudang utama sesuai dengan nomor sel rak yang dimiliki. Nilai waktu yang sama tidak menjadikan barang diletakkan pada dua lokasi yang sama karena sebelumnya telah ditentukan barang apa saja yang akan diletakkan pada gudang utama dan gudang sewa berdasarkan frekuensi pengiriman ke bagian produksi.

Penentuan tata letak optimal secara manual dilakukan dengan menentukan urutan penempatan barang sesuai dengan waktu tempuh setiap sel rak berdasarkan tabel 4.16. Berikut adalah urutan penempatan barang pada sel rak.

Tabel 4. 17 Urutan Penempatan Barang pada Sel Rak Gudang Utama dan Sewa

Gudang Utama				Gudang Sewa	
	R1	R2	R3		R1
Level 6	16	17	18	Level 6	6
Level 5	13	14	15	Level 5	5
Level 4	10	11	12	Level 4	4
Level 3	7	8	9	Level 3	3
Level 2	4	5	6	Level 2	2
Level 1	1	2	3	Level 1	1

Tabel 4.17 menjelaskan urutan penempatan barang pada sel rak yang didasarkan pada waktu tempuh sel rak. Sel rak dengan waktu tempuh terendah akan memiliki urutan penempatan barang lebih dulu dan urutan akan berlanjut disesuaikan dengan waktu tempuh hingga sel rak dengan waktu tempuh tertinggi berada pada urutan terakhir. Urutan penempatan pada gudang utama terpisah dengan gudang sewa. Barang kemasan yang memiliki frekuensi lebih besar akan diletakkan pada gudang utama dan yang memiliki frekuensi kecil akan diletakkan pada gudang sewa. Barang kemasan yang memiliki frekuensi lebih besar akan ditempatkan pada sel rak yang memiliki waktu tempuh lebih rendah sesuai dengan urutan penempatan yang telah dilakukan. Selain itu penempatan barang juga didasarkan pada berat barang kemasan yang disesuaikan dengan berat maksimum masing-masing *level*. Berat maksimum setiap sel rak pada *level* 1 hingga *level* 6

berturut-turut yaitu 4000kg, 3000 kg, 2500 kg, 2000 kg, 1500 kg, dan 1000 kg. Berikut adalah hasil penentuan tata letak optimal secara manual.

Tabel 4. 18 Tata Letak Optimal Secara Manual

	Gudang Utama							Gudang Sewa	
	R1		R2		R3			R1	
Level 6	D2	D3	D3		D3		Level 6	D5	D4
Level 5	D2	D3	D3	D3	D3	D3	Level 5	D5	D5
Level 4	D2	D2	D2	D2	D2	D2	Level 4	D5	D5
Level 3	D1	D1	D1	D2	D2	D2	Level 3	D4	D4
Level 2	D1	D1	D1	D1	D1	D1	Level 2	D4	D4
Level 1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	Level 1	D4	D4

Penataan barang secara manual seperti pada Tabel 4.18 sudah didasarkan pada frekuensi pengiriman barang kemasan ke bagian produksi yaitu kemasan yang memiliki frekuensi lebih besar diletakan pada gudang utama dan yang memiliki frekuensi kecil diletakan pada gudang sewa. Selain itu, kemasan yang memiliki frekuensi lebih besar telah diletakan lebih dekat dengan pintu keluar. Peletakan barang pada sel rak juga sudah memperhatikan kapasitas berat serta kapasitas slot palet pada masing-masing sel rak. Kemasan D3 yang seharusnya diletakan dua buah palet pada rak 1 *level* 6 berubah menjadi peletakkan satu palet kemasan D3 dan satu palet kemasan D4 dikarenakan penyesuaian terhadap berat maksimum pada *level* 6.

Selanjutnya dilakukan *running* model sesuai dengan model pada subbab 4.2.3 pada Solver *software* statistik. Hasil dari *running* model tersebut akan dibandingkan dengan hasil penentuan tata letak optimal secara manual. Tabel 4.19 berikut menunjukan *script* yang digunakan pada Solver *software* statistik.

Tabel 4. 19 *Script* Model untuk Validasi dengan Solver pada *Software* Statistik

<i>Solver Parameters</i>			
<i>Set Objective</i>	:	\$V\$126	
<i>To</i>	:	<input type="checkbox"/> <i>Max</i>	<input checked="" type="checkbox"/> <i>Min</i> <input type="checkbox"/> <i>Value Of</i>
<i>By Changing Variable Cells:</i> \$T\$67:\$T\$90,\$S\$67:\$W\$90,\$A\$67:\$A\$90,...			

Tabel 4.19 *Script Model untuk Validasi dengan Solver pada Software Statistik*
(Lanjutan)

Subject to the Constraints: \$AA\$67:\$AA\$90 <= \$AC\$67:\$AC\$90 \$AE67:\$AE\$90 <= \$AG\$67:\$AG\$90 \$AE\$67:\$AE\$90 = integer . . \$X\$67:\$X\$90 <= \$Z\$67:\$Z\$90	
<input type="checkbox"/> V	Make Unconstrained Variables Non-Negative
Select a Solving Method:	<i>Simplex LP</i>

Setelah memasukkan model pada Solver salah satu *software* statistik selanjutnya adalah melakukan *running*. Ketika melakukan *running* ditemui kendala berupa jumlah variabel yang terdapat pada model tersebut melebihi batas variabel yang dapat dipecahkan oleh Solver pada *software* statistik tersebut. Oleh karena itu, selanjutnya dilakukan validasi dengan *running* model pada salah satu *software* optimasi menggunakan data *dummy* yang sama. Selanjutnya akan dilakukan perbandingan antara hasil *running* model pada *software* optimasi tersebut dengan hasil penentuan tata letak optimal secara manual.

Setelah melakukan *running* model pada *software* optimasi maka didapatkan hasil *running* seperti pada Tabel 4.20 berikut.

Tabel 4. 20 Hasil *Running* Model untuk Validasi dengan *Software* Optimasi

Solver Status		Variables	
<i>Model Class</i>	: <i>PILP</i>	<i>Total</i>	: 240
<i>State</i>	: <i>Global Opt</i>	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Objective</i>	: 1479.14	<i>Integers</i>	: 240
<i>Infeasibility</i>	: 0	Constraints	
<i>Iterations</i>	: 91	<i>Total</i>	: 414
		<i>Nonlinear</i>	: 0
Extended Solver Status		Nonzeroes	
<i>Solver Type</i>	: <i>B-and-B</i>	<i>Total</i>	: 972
<i>Best Obj</i>	: 1479.14	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Obj Bound</i>	: 1479.14	Generator Memory Used (K)	
<i>Steps</i>	: 0	89	
<i>Active</i>	: 0	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:00:00	

Berdasarkan Tabel 4.20 dapat diketahui bahwa hasil running model menunjukkan bahwa total waktu pengambilan yang dibutuhkan adalah 1479.14 detik dan tidak terdapat nilai eror pada model yang digunakan. Berdasarkan hasil *running* tersebut pula maka didapatkan hasil penentuan tata letak barang yang optimal untuk meminimasi waktu pengambilan/*picking* seperti pada Tabel 4.21 berikut.

Tabel 4. 21 Tata Letak Optimal Berdasarkan Model pada *Software* Optimasi

Gudang Utama						Gudang Sewa	
	R1		R2		R3		R1
Level 6	D2	D2	D2	D2		Level 6	D5 D4
Level 5	D2	D2	D2	D2	D2 D2	Level 5	D5 D5
Level 4	D3	D3	D3	D3	D3 D2	Level 4	D5 D5
Level 3	D1	D1	D1	D3	D3 D3	Level 3	D4 D4
Level 2	D1	D1	D1	D1	D1 D1	Level 2	D4 D4
Level 1	D1	D1	D1	D1	D1 D1	Level 1	D4 D4

Selanjutnya akan dilakukan perbandingan tata letak barang secara manual dan berdasarkan model, sehingga dilakukan perbandingan antara tabel 4.18 dengan tabel 4.21. Berdasarkan tabel tersebut terdapat perbedaan lokasi penyimpanan untuk kemasan D2 dan D3, dimana kemasan D2 yang memiliki frekuensi pengiriman lebih besar dari pada kemasan D3 diletakan pada sel rak yang memiliki waktu tempuh lebih lama. Sementara untuk tata letak terkait batasan berat sudah sesuai dengan yang seharusnya.

Perbandingan hasil tata letak barang secara manual dengan model yang masih terdapat perbedaan mengindikasikan bahwa model yang digunakan tidak valid. Hal tersebut terjadi karena terdapat kesalahan pada model yang dibuat, sehingga perlu dilakukan perbaikan.

Perbaikan model dilakukan karena model yang sebelumnya tidak valid. Hasil tata letak barang pada model sebelumnya belum optimal karena terdapat perbedaan tata letak untuk kemasan D3 dan D4. Oleh karena itu dilakukan perbaikan model sebagai berikut.

Notasi:

i : index kemasan $i = 1, 2, \dots, m$

s : index lokasi/*pallet position* $j = 1, 2, \dots, n$

l : *index level/pallet position* $= 1, 2, \dots, p$

$t_{s,l}$: waktu antara rak s level l dengan titik transfer

f_i : frekuensi aliran kemasan i dalam seminggu

r_i : jumlah kapasitas palet kemasan i

$Kap_{s,l}$: kapasitas simpan tiap rak s level l

b_i : berat satu pallet kemasan i

b_l : berat tiap rak pada level l

$z_{i,s,l}$: ketentuan kemasan i diletakan pada sel rak s level l gudang utama atau pada gudang sewa

Variabel keputusan:

$$x_{i,s,l} = \begin{cases} 1 & : \text{jika palet kemasan } i \text{ diletakan pada rak } s \text{ level } l \\ 0 & : \text{selain itu} \end{cases}$$

$$y_{i,s,l} = \begin{cases} 0 & : \text{jika 0 palet kemasan } i \text{ diletakan pada rak } s \text{ level } l \\ 1 & : \text{jika 1 palet kemasan } i \text{ diletakan pada rak } s \text{ level } l \\ 2 & : \text{jika 2 palet kemasan } i \text{ diletakan pada rak } s \text{ level } l \end{cases}$$

$y_{i,s,l}$ = jumlah palet kemasan i yang disimpan pada rak s level l

Fungsi Tujuan:

$$\text{Min } Z = \sum_{s=1}^n \sum_{l=1}^p t_{s,l} \sum_{i=1}^m f_i^2 \frac{y_{i,s,l}}{r_i} \quad (4.9)$$

Konstrain:

$$\sum_{s=1}^n \sum_{l=1}^p y_{i,s,l} = r_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^m y_{i,s,l} \leq Kap_{s,l} \quad \forall s = 1, 2, \dots, n \text{ \& } l = 1, 2, \dots, p \quad (4.3)$$

$$\frac{y_{i,s,l}}{r_i} \leq x_{i,s,l} \times z_{i,s,l} \leq M \frac{y_{i,s,l}}{r_i} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n ; s = 1, 2, \dots, n ; l = 1, 2, \dots, p \quad (4.4)$$

$$y_{i,s,l} \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n ; s = 1, 2, \dots, n ; l = 1, 2, \dots, p \quad (4.5)$$

$$x_{i,s,l} \in (0,1) \quad \forall i = 1, 2, \dots, n ; s = 1, 2, \dots, n ; l = 1, 2, \dots, p \quad (4.6)$$

$$\sum_{i=1}^m y_{i,s,l} b_i \leq b_l \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \text{ \& } l = 1, 2, \dots, p \quad (4.7)$$

$$y_{i,s,l} \in \text{integer} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n ; s = 1, 2, \dots, n ; l = 1, 2, \dots, p \quad (4.8)$$

Model perbaikan di atas tidak banyak berbeda dengan model awal. Perubahan hanya dilakukan pada fungsi tujuan dimana frekuensi yang pada model sebelumnya bernilai pangkat satu, sementara di model perbaikan frekuensi dikuadratkan. Hal tersebut dilakukan karena model sebelumnya belum dapat menjadikan frekuensi sebagai prioritas dalam penentuan lokasi penyimpanan barang kemasan.

Selanjutnya dilakukan *running* model perbaikan pada salah satu *software* optimasi dengan menggunakan data *dummy* yang sama. Hasil dari *running* model tersebut akan dibandingkan dengan hasil penentuan tata letak optimal secara manual. Setelah melakukan *running* model perbaikan pada *software* optimasi maka didapatkan hasil *running* seperti pada Tabel 4.22 berikut.

Tabel 4. 22 Hasil *Running* Model Perbaikan untuk Validasi dengan *Software* Optimasi

<i>Solver Status</i>		<i>Variables</i>	
<i>Model Class</i>	: <i>PILP</i>	<i>Total</i>	: 240
<i>State</i>	: <i>Global Opt</i>	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Objective</i>	: 11996.3	<i>Integers</i>	: 240
<i>Infeasibility</i>	: 0	<i>Constraints</i>	
<i>Iterations</i>	: 93	<i>Total</i>	: 414
		<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Extended Solver Status</i>		<i>Nonzeroes</i>	
<i>Solver Type</i>	: <i>B-and-B</i>	<i>Total</i>	: 972
<i>Best Obj</i>	: 11996.3	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Obj Bound</i>	: 11996.3	<i>Generator Memory Used (K)</i>	
<i>Steps</i>	: 0	89	
<i>Active</i>	: 0	<i>Elapsed Runtime (hh:mm:ss)</i>	
		00:00:00	

Berdasarkan Tabel 4.22 dapat diketahui bahwa hasil *running* model perbaikan menunjukkan bahwa total waktu pengambilan yang dibutuhkan adalah 11996.3 detik dan tidak terdapat nilai eror pada model yang digunakan. Berdasarkan hasil *running* tersebut pula maka didapatkan hasil penentuan tata letak barang yang optimal untuk meminimasi waktu pengambilan/*picking* seperti pada Tabel 4.23 berikut:

Tabel 4. 23 Tata Letak Optimal Berdasarkan Model Perbaikan dengan *Software* Optimasi

	Gudang Utama							Gudang Sewa	
	R1		R2		R3			R4	
Level 6	D2	D3	D3		D3		Level 6	D5	D4
Level 5	D2	D3	D3	D3	D3	D3	Level 5	D5	D5
Level 4	D2	D2	D2	D2	D2	D2	Level 4	D5	D5
Level 3	D1	D1	D1	D2	D2	D2	Level 3	D4	D4
Level 2	D1	D1	D1	D1	D1	D1	Level 2	D4	D4
Level 1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	Level 1	D4	D4

Selanjutnya akan dilakukan perbandingan tata letak barang secara manual dan berdasarkan model perbaikan, sehingga dilakukan perbandingan antara tabel 4.18 dengan tabel 4.23. Tata letak barang pada kedua tabel tersebut telah sama, yaitu penataan didasarkan pada frekuensi pengiriman barang ke bagian produksi dimana barang yang memiliki frekuensi lebih tinggi diletakan pada gudang utama dan yang memiliki frekuensi kecil diletakan pada gudang sewa. Selain itu, barang yang memiliki frekuensi tinggi telah diletakan pada pada sel rak yang memiliki waktu tempuh terendah. Tata letak barang juga sudah sesuai dengan kapasitas slot palet pada masing-masing sel rak. Tata letak barang pada sel rak juga sudah memperhatikan kapasitas berat barang per sel rak yang tidak melebihi berat maksimal yang telah ditentukan untuk setiap *level* dimana kemasan D3 yang seharusnya diletakan dua buah palet pada rak 1 *level* 6 berubah menjadi peletakkan satu palet kemasan D3 dan satu palet kemasan D4 dikarenakan penyesuaian terhadap berat maksimum pada *level* 6. Perbandingan hasil tata letak barang secara manual dengan model perbaikan yang telah sama mengindikasikan bahwa model yang digunakan telah valid.

4.2.3.2 Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan dengan memeriksa apakah model yang dibuat sesuai dengan harapan yang diinginkan atau biasa disebut *debug*. Proses *debug* model dilakukan pada *coding* model yang tertera di *software* optimasi. *Debug*

model akan dilakukan pada model perbaikan. Berikut adalah hasil *debug* model perbaikan pada *software* optimasi.

Tabel 4. 24 Hasil *Debug* Model Perbaikan

Error Message	
<i>Error Code</i>	: 123
<i>Error Text</i>	: <i>Models must be either infeasible or inbounded to be debugged</i>

Tabel 4.24 memperlihatkan bahwa *coding* model perbaikan yang tertera di *software* optimasi memungkinkan untuk digunakan dan model perbaikan memiliki hasil solusi yang optimum. Selain itu dilakukan juga verifikasi dengan memeriksa apakah model yang dibuat menghasilkan *output* sesuai dengan konstrain dan hasil yang diharapkan atau disebut *generate model*. Proses *generate model* dilakukan pada *coding* model yang tertera di *software* optimasi dan *generate model* akan dilakukan pada model perbaikan. Hasil *generate model* memperlihatkan bahwa *output coding* model perbaikan yang tertera pada *software* optimasi sudah sesuai dengan konstrain dan hasil yang diharapkan. Berdasarkan hasil *debug* dan *generate model* tersebut didapatkan hasil yang sesuai dengan harapan yang diinginkan sehingga model perbaikan dapat dikatakan terverifikasi.

4.2.3.3 Running Model

Running model dilakukan setelah model yang dibuat telah valid dan terverifikasi. *Running* model dilakukan pada *software* optimasi dan hasil *running* model berupa tata letak barang pada gudang utama dan gudang sewa akan direkap. *Running* model dilakukan berdasarkan area yang telah ditentukan, dimana terdapat 6 area pada gudang bahan kemasan PT X. *Running* model pada semua area menggunakan model yang sama tetapi terdapat perbedaan pada data yang digunakan. Masing-masing area memiliki data jumlah sel rak, waktu tempuh sel rak, jenis kemasan, berat kemasan, total persediaan, frekuensi pengiriman, dan slot

palet pada gudang yang berbeda-beda. Selanjutnya akan dijelaskan rincian *running* model pada masing-masing area.

Area A merupakan tempat penyimpanan kategori dus. Penyimpanan kategori dus dibagi pada gudang utama dan gudang sewa, hal tersebut karena kapasitas sel rak pada area A gudang utama tidak dapat menampung seluruh persediaan kategori dus. Kategori dus memiliki 39 jenis kemasan yang membutuhkan tempat penyimpanan sebesar 820 sel rak. 31 jenis kemasan dus akan disimpan di area A gudang utama pada sel rak dengan 3 *level* dan masing-masing *level* memiliki 264 sel rak, selanjutnya 8 jenis kemasan dus akan disimpan di area A gudang sewa pada sel rak dengan 3 *level* dan masing-masing *level* memiliki 10 sel rak. Data tersebut akan dimasukkan pada *coding* model untuk area A. Hasil *running* untuk area A pada *software* optimasi adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 25 Hasil *Running* Area A

Solver Status		Variables	
<i>Model Class</i>	: <i>PILP</i>	<i>Total</i>	: 64116
<i>State</i>	: <i>Global Opt</i>	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Objective</i>	: 2709080	<i>Integers</i>	: 64116
<i>Infeasibility</i>	: 0	Constraints	
<i>Iterations</i>	: 52403	<i>Total</i>	: 97858
		<i>Nonlinear</i>	: 0
Extended Solver Status		Nonzeroes	
<i>Solver Type</i>	: <i>B-and-B</i>	<i>Total</i>	: 273990
<i>Best Obj</i>	: 2709080	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Obj Bound</i>	: 2709080	Generator Memory Used (K)	
<i>Steps</i>	: 0	18604	
<i>Active</i>	: 0	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:42:12	

Berdasarkan Tabel 4.25 dapat diketahui bahwa total waktu transportasi pada area A gudang utama dan sewa adalah 2.709.080 detik. Nilai tersebut mempresentasikan frekuensi pengambilan pada model yang bernilai kuadrat. Selain total waktu transportasi, terdapat pula hasil *storage assignment* barang pada area A gudang utama yang direkap pada Lampiran 7 dan hasil *storage assignment* barang pada area A gudang sewa yang direkap pada Lampiran 8.

Area B merupakan tempat penyimpanan kategori *roll*. Penyimpanan kategori *roll* dibagi pada gudang utama dan gudang sewa, hal tersebut karena kapasitas sel rak pada area B gudang utama tidak dapat menampung seluruh persediaan kategori *roll*. Kategori *roll* memiliki 18 jenis kemasan yang membutuhkan tempat penyimpanan sebesar 621 sel rak. 4 jenis kemasan *roll* akan disimpan di area B gudang utama pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 84 sel rak, selanjutnya 14 jenis kemasan *roll* akan disimpan di area B gudang sewa pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 20 sel rak. Data tersebut akan dimasukkan pada *coding* model untuk area B. Hasil *running* untuk area B pada *software* optimasi adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 26 Hasil *Running* Area B

<i>Solver Status</i>		<i>Variables</i>	
<i>Model Class</i>	: <i>PILP</i>	<i>Total</i>	: 22464
<i>State</i>	: <i>Global Opt</i>	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Objective</i>	: 13993100	<i>Integers</i>	: 22464
<i>Infeasibility</i>	: 0	<i>Constraints</i>	
<i>Iterations</i>	: 6619	<i>Total</i>	: 34963
		<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Extended Solver Status</i>		<i>Nonzeroes</i>	
<i>Solver Type</i>	: <i>B-and-B</i>	<i>Total</i>	: 86016
<i>Best Obj</i>	: 13993100	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Obj Bound</i>	: 13993100	<i>Generator Memory Used (K)</i>	
<i>Steps</i>	: 0	6495	
<i>Active</i>	: 0	<i>Elapsed Runtime (hh:mm:ss)</i>	
		00:03:50	

Berdasarkan Tabel 4.26 dapat diketahui bahwa total waktu transportasi pada area B gudang utama dan sewa adalah 13.993.100 detik. Nilai tersebut mempresentasikan frekuensi pengambilan pada model yang bernilai kuadrat. Selain total waktu transportasi, terdapat pula hasil *storage assignment* barang area B pada gudang utama yang direkap pada Lampiran 7 dan hasil *storage assignment* barang pada area B gudang sewa yang direkap pada Lampiran 8.

Area C merupakan tempat penyimpanan kategori kaleng. Penyimpanan kategori kaleng dibagi pada gudang utama dan gudang sewa, hal tersebut karena kapasitas sel rak pada area C gudang utama tidak dapat menampung seluruh persediaan kategori kaleng. Kategori kaleng memiliki 11 jenis kemasan yang membutuhkan tempat penyimpanan sebesar 561 sel rak. 8 jenis kemasan kaleng akan disimpan di area C gudang utama pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 92 sel rak, selanjutnya 3 jenis kemasan kaleng akan disimpan di area C gudang sewa pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 2 sel rak. Data tersebut akan dimasukkan pada *coding* model untuk area C. Hasil *running* untuk area C pada *software* optimasi adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 27 Hasil *Running* Area C

Solver Status		Variables	
<i>Model Class</i>	: <i>PILP</i>	<i>Total</i>	: 12408
<i>State</i>	: <i>Global Opt</i>	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Objective</i>	: 6792310	<i>Integers</i>	: 12408
<i>Infeasibility</i>	: 0	Constraints	
<i>Iterations</i>	: 9818	<i>Total</i>	: 19752
		<i>Nonlinear</i>	: 0
Extended Solver Status		Nonzeroes	
<i>Solver Type</i>	: <i>B-and-B</i>	<i>Total</i>	: 52332
<i>Best Obj</i>	: 6792310	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Obj Bound</i>	: 6792310	Generator Memory Used (K)	
<i>Steps</i>	: 0	3707	
<i>Active</i>	: 0	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:00:54	

Berdasarkan Tabel 4.27 dapat diketahui bahwa total waktu transportasi pada area C gudang utama dan sewa adalah 6.792.310 detik. Nilai tersebut mempresentasikan frekuensi pengambilan pada model yang bernilai kuadrat. Selain total waktu transportasi, terdapat pula hasil *storage assignment* barang area C pada gudang utama yang direkap pada Lampiran 7 dan hasil *storage assignment* barang pada area C gudang sewa yang direkap pada Lampiran 8.

Area D merupakan tempat penyimpanan kategori *tray*. Penyimpanan kategori *tray* dibagi pada gudang utama dan gudang sewa, hal tersebut karena kapasitas sel rak pada area D gudang utama tidak dapat menampung seluruh persediaan kategori *tray*. Kategori *tray* memiliki 6 jenis kemasan yang membutuhkan tempat penyimpanan sebesar 209 sel rak. 3 jenis kemasan *tray* akan disimpan di area D gudang utama pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 26 sel rak, selanjutnya 4 jenis kemasan *tray* akan disimpan di area D gudang sewa pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 9 sel rak, terdapat 1 jenis kemasan *tray* yang diletakan pada gudang utama dan sewa. Data tersebut akan dimasukkan pada *coding* model untuk area D. Hasil *running* untuk area D pada *software* optimasi adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 28 Hasil *Running* Area D

<i>Solver Status</i>		<i>Variables</i>	
<i>Model Class</i>	: <i>PILP</i>	<i>Total</i>	: 2520
<i>State</i>	: <i>Global Opt</i>	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Objective</i>	: 1088770	<i>Integers</i>	: 2520
<i>Infeasibility</i>	: 0	<i>Constraints</i>	
<i>Iterations</i>	: 931	<i>Total</i>	: 4207
		<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Extended Solver Status</i>		<i>Nonzeroes</i>	
<i>Solver Type</i>	: <i>B-and-B</i>	<i>Total</i>	: 9918
<i>Best Obj</i>	: 1088770	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Obj Bound</i>	: 1088770	<i>Generator Memory Used (K)</i>	
<i>Steps</i>	: 0	780	
<i>Active</i>	: 0	<i>Elapsed Runtime (hh:mm:ss)</i>	
		00:00:03	

Berdasarkan Tabel 4.28 dapat diketahui bahwa total waktu transportasi pada area D gudang utama dan sewa adalah 1.088.770 detik. Nilai tersebut mempresentasikan frekuensi pengambilan pada model yang bernilai kuadrat. Selain total waktu transportasi, terdapat pula hasil *storage assignment* barang area D pada gudang utama yang direkap pada Lampiran 7 dan hasil *storage assignment* barang pada area D gudang sewa yang direkap pada Lampiran 8.

Area E merupakan tempat penyimpanan kategori *showbox*. Penyimpanan kategori *showbox* dibagi pada gudang utama dan gudang sewa, hal tersebut karena kapasitas sel rak pada area E gudang utama tidak dapat menampung seluruh persediaan kategori *showbox*. Kategori *showbox* memiliki 30 jenis kemasan yang membutuhkan tempat penyimpanan sebesar 204 sel rak. 12 jenis kemasan *showbox* akan disimpan di area B gudang utama pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 26 sel rak, selanjutnya 18 jenis kemasan *showbox* akan disimpan di area B gudang sewa pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 9 sel rak. Data tersebut akan dimasukkan pada *coding* model untuk area E. hasil *running* untuk area E pada *software* optimasi adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 29 Hasil *Running* Area E

<i>Solver Status</i>		<i>Variables</i>	
<i>Model Class</i>	: <i>PILP</i>	<i>Total</i>	: 12600
<i>State</i>	: <i>Global Opt</i>	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Objective</i>	: 750411	<i>Integers</i>	: 12600
<i>Infeasibility</i>	: 0	<i>Constraints</i>	
<i>Iterations</i>	: 4153	<i>Total</i>	: 19351
		<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Extended Solver Status</i>		<i>Nonzeroes</i>	
<i>Solver Type</i>	: <i>B-and-B</i>	<i>Total</i>	: 49788
<i>Best Obj</i>	: 750411	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Obj Bound</i>	: 750411	<i>Generator Memory Used (K)</i>	
<i>Steps</i>	: 0	3636	
<i>Active</i>	: 0	<i>Elapsed Runtime (hh:mm:ss)</i>	
		00:00:49	

Berdasarkan Tabel 4.29 dapat diketahui bahwa total waktu transportasi pada area E gudang utama dan sewa adalah 750.411 detik. Nilai tersebut mempresentasikan frekuensi pengambilan pada model yang bernilai kuadrat. Selain total waktu transportasi, terdapat pula hasil *storage assignment* barang area E pada gudang utama yang direkap pada Lampiran 7 dan hasil *storage assignment* barang pada area E gudang sewa yang direkap pada Lampiran 8.

Area F merupakan tempat penyimpanan kategori *paper*. Penyimpanan kategori *paper* dibagi pada gudang utama dan gudang sewa, hal tersebut karena kapasitas sel rak pada area F gudang utama tidak dapat menampung seluruh persediaan kategori *paper*. Kategori *paper* memiliki 32 jenis kemasan yang membutuhkan tempat penyimpanan sebesar 260 sel rak. 20 jenis kemasan *paper* akan disimpan di area F gudang utama pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 39 sel rak, selanjutnya 12 jenis kemasan *paper* akan disimpan di area F gudang sewa pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 5 sel rak. Data tersebut akan dimasukkan pada *coding* model untuk area F. Hasil *running* untuk area F pada *software* optimasi adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 30 Hasil *Running* Area F

Solver Status		Variables	
<i>Model Class</i>	: <i>PILP</i>	<i>Total</i>	: 16896
<i>State</i>	: <i>Global Opt</i>	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Objective</i>	: 563049	<i>Integers</i>	: 16896
<i>Infeasibility</i>	: 0	Constraints	
<i>Iterations</i>	: 25053	<i>Total</i>	: 25905
		<i>Nonlinear</i>	: 0
Extended Solver Status		Nonzeroes	
<i>Solver Type</i>	: <i>B-and-B</i>	<i>Total</i>	: 69216
<i>Best Obj</i>	: 563049	<i>Nonlinear</i>	: 0
<i>Obj Bound</i>	: 563049	Generator Memory Used (K)	
<i>Steps</i>	: 11	4894	
<i>Active</i>	: 0	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:01:58	

Berdasarkan Tabel 4.30 dapat diketahui bahwa total waktu transportasi pada area B gudang utama dan sewa adalah 563.048 detik. Nilai tersebut mempresentasikan frekuensi pengambilan pada model yang bernilai kuadrat. Selain total waktu transportasi, terdapat pula hasil *storage assignment* barang area F pada gudang utama yang direkap pada Lampiran 7 dan hasil *storage assignment* barang pada area F gudang sewa yang direkap pada Lampiran 8.

halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI

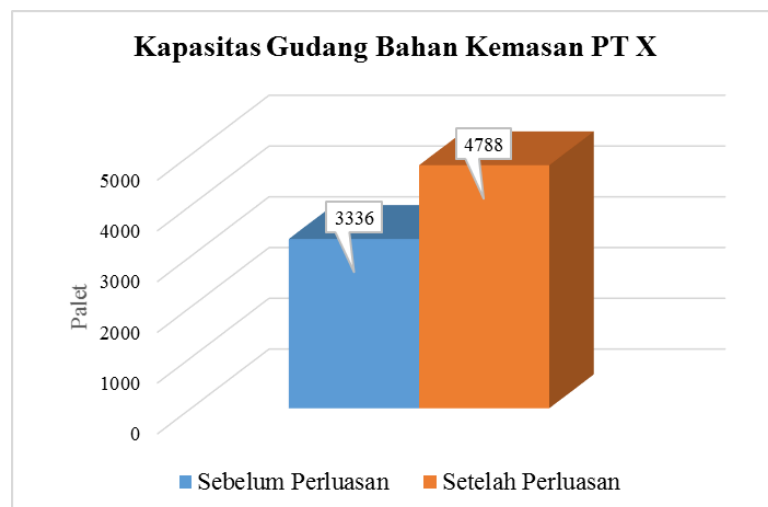
Pada bab ini dijelaskan analisis dan interpretasi dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Analisis yang dilakukan terdiri dari analisis kapasitas gudang bahan kemasan PT X dan analisis *storage assignment* pada gudang bahan kemasan PT X.

5.1 Analisis Gudang Bahan Kemasan PT X

Analisis gudang bahan kemasan PT X akan dilakukan pada gudang bahan kemasan hasil perluasan dan gudang bahan kemasan baru berupa gudang sewa.

5.1.1 Analisis Gudang Bahan Kemasan PT X Perluasan

Perluasan gudang bahan kemasan PT X tidak dapat dilakukan dengan menambah luas lahan karena lokasi gudang yang tidak memungkinkan, sehingga dilakukan perluasan berupa penambahan sel rak pada area *staple* dan pada sel rak saat ini yang belum memiliki *level* yang maksimal. Perluasan gudang menjadikan lokasi penyimpanan barang hanya berupa area sel rak dan seluruh sel rak memiliki *level* yang maksimal. Sel rak baru yang digunakan memiliki desain dan dimensi yang sama dengan sel rak pada gudang bahan kemasan PT X saat ini. Berikut adalah perbandingan kapasitas gudang sebelum dan sesudah adanya perluasan.



Gambar 5. 1 Kapasitas Bahan Kemasan Sebelum dan Setelah Perluasan

Berdasarkan Gambar 5.1 dapat diketahui dengan adanya perluasan gudang berupa penambahan sel rak terdapat penambahan kapasitas sebesar 1452 palet. Nilai tersebut sebanding dengan penambahan kapasitas sebesar 43,5% berdasarkan kapasitas awal. Jenis kemasan yang dapat diletakan pada gudang saat ini dan perluasan dapat dilihat pada subbab 3.3.2. Perluasan ini diperkirakan memerlukan biaya sebesar Rp 943.800.000 dengan ketentuan harga satuan sel rak Rp 1.300.000. Investasi sel rak tersebut dapat menurunkan jumlah barang yang tidak tertampung dengan rincian sebagai berikut.



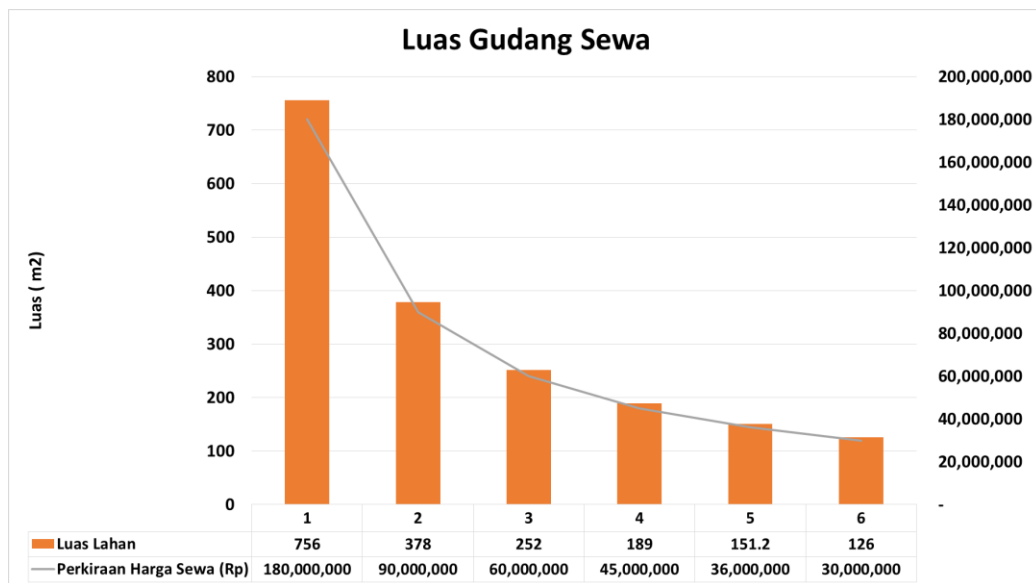
Gambar 5. 2 Jumlah Barang Tidak Tertampung Sebelum dan Setelah Perluasan

Berdasarkan Gambar 5.2 dapat diketahui dengan adanya perluasan gudang berupa penambahan sel rak terdapat penurunan jumlah barang yang tidak tertampung dengan nilai yang sama dengan penambahan jumlah sel rak yaitu sebesar 1452 palet. Nilai tersebut setara dengan penurunan barang tidak tertampung sebesar 72,24% berdasarkan jumlah awal. Dengan berkurangnya barang yang tidak tertampung pada sel rak maka dapat pula mengurangi jumlah barang yang diletakan pada area *aisle* dan *docking* gudang bahan kemasan PT X. Akan tetapi tetap terdapat bahan kemasan yang tidak tertampung pada sel rak gudang bahan kemasan PT X setelah perluasan yaitu sebesar 558 palet. Bahan kemasan tersebut disarankan tidak diletakkan pada area *aisle* dan *docking* agar aktivitas pada gudang dapat berjalan

secara maksimal, oleh sebab itu diberikan alternatif solusi barang tersebut diletakan pada gudang sewa.

5.1.2 Analisis Gudang Bahan Kemasan PT X Sewa

Gudang sewa yang dibutuhkan minimal memiliki kapasitas sebesar 558 palet atau jika ingin sesuai dengan hasil *storage assignment* maka minimal 571 palet yang jika dibagi berdasarkan kategori area maka membutuhkan 300 sel rak. Akan tetapi akan lebih baik jika memiliki kapasitas yang lebih besar agar dapat mengantisipasi jumlah persediaan yang besar. Luas gudang sewa yang dibutuhkan ditentukan sesuai dengan jumlah *level* sel rak pada gudang tersebut, berikut adalah rincian luas gudang yang dibutuhkan.



Gambar 5. 3 Luas Gudang Sewa

Luas gudang yang dibutuhkan berdasarkan Gambar 5.3 bernilai beragam sesuai dengan *level* sel rak pada gudang, akan tetapi jarang terdapat gudang sewa yang memiliki luas dibawah 200 m², sehingga hal tersebut dapat menjadi salah satu pertimbangan untuk menyewa gudang. Selain itu harga sewa juga akan menjadi salah satu pertimbangan lainnya. Gudang sewa akan diperuntukan untuk bahan kemasan yang memiliki frekuensi pengiriman ke bagian produksi yang kecil sesuai dengan kategori barang tersebut. Rincian jenis kemasan yang diletakan pada

gudang sewa dapat dilihat pada Lampiran 6. Dilakukan *storage assignment* pada gudang sewa dengan asumsi gudang sewa sudah memiliki sel rak dan sel rak tersebut mempunyai *level* serta dimensi yang sama dengan sel rak pada gudang saat ini. Hasil *storage assignment* pada gudang sewa dapat dilihat pada Lampiran 8.

5.2 Analisis Storage Assignment

Pada subbab ini akan dijelaskan analisis model *storage assignment* yang digunakan pada penelitian ini, analisis hasil *storage assignment* pada gudang utama dan gudang sewa untuk area A, area B, area C, area D, area E, dan area F, serta analisis hasil *storage assignment* keseluruhan pada gudang bahan kemasan utama (saat ini dan perluasan).

5.2.1 Analisis Model Storage Assignment

Model *storage assignment* yang digunakan pada penelitian ini diadaptasi dari model milik Guerriero (2013) dengan beberapa penyesuaian dan penambahan pada fungsi tujuan dan konstrain. Model *storage assignment* yang lengkap dapat dilihat pada subbab 4.3.3 yaitu pada bagian model perbaikan. Model *storage assignment* yang digunakan dapat menghasilkan *output storage assignment* pada gudang utama (saat ini dan perluasan) serta pada gudang sewa.

Pada model *storage assignment* ini terdapat konstrain berat kemasan pada sel rak yang disesuaikan dengan berat maksimal yang telah ditentukan sesuai dengan *level* sel rak tersebut berada. Model *storage assignment* ini juga beracuan pada frekuensi pengiriman bahan kemasan ke bagian produksi. Semakin besar frekuensi suatu bahan kemasan maka bahan kemasan tersebut akan diletakkan semakin dekat dengan pintu keluar.

Data yang digunakan pada *running model storage assignment* pada penelitian ini merupakan data selama tiga bulan. Perusahaan disarankan melakukan penataan tata letak barang setiap tiga bulan sekali mengingat bahan kemasan merupakan barang yang dapat dengan cepat berubah tidak seperti bahan baku selain itu hal ini juga merupakan kebijakan dari manajemen perusahaan dimana akan melakukan pengecekan dari *planning* yang telah dibuat setiap tiga bulan sekali. Sehingga hasil *running storage assignment* pada tiga bulan pertama belum tentu

optimal untuk tiga bulan selanjutnya. Tetapi jika tidak ada perubahan/penambahan jenis kemasan secara signifikan, maka hasil *storage assignment* dapat terus digunakan. Jika terdapat perubahan/penambahan pada satu kategori tertentu saja maka *running* ulang model *storage assignment* dapat dilakukan hanya pada area kemasan tersebut berada sehingga tidak perlu melakukan *running* pada keseluruhan gudang, hal tersebut karena pada penelitian ini *running* model dilakukan per area.

5.2.2 Analisis Hasil Storage Assignment

Pada subbab ini akan dijelaskan analisis hasil *storage assignment* pada gudang utama dan gudang sewa untuk area A, area B, area C, area D, area E, dan area F sebagai berikut.

5.2.2.1 Analisis Hasil Storage Assignment Area A

Sel rak tempat penyimpanan bahan kemasan pada area A terdiri dari kategori dus. Pada area A gudang utama terdapat 31 jenis kemasan dus yang disimpan pada sel rak dengan 3 *level* dan masing-masing *level* memiliki 264 sel rak. Pada area A gudang sewa terdapat 8 jenis kemasan dus yang disimpan pada sel rak dengan 3 *level* dan masing-masing *level* memiliki 10 sel rak. *Storage assignment* untuk area A berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.

	R1		R2		R3		R4		R5	
Level 6	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19
Level 5	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19
Level 4	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19

	R49		R50		R51		R52		R53	
Level 6	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D31	D31
Level 5	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19
Level 4	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19

	R96		R97		R98		R99		R100	
Level 6	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D31	D31	D31	D31
Level 5	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19
Level 4	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19	D19

Gambar 5. 4 *Storage Assignment* Area A

Storage assignment untuk area A yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 7 dan Lampiran 8. Berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* tersebut dihitung total waktu pengambilan untuk masing-masing bahan kemasan sebagai berikut.

Tabel 5. 1 Waktu Pengambilan Area A

Kemasan	Total Waktu Pengambilan	Total Waktu Pengambilan per Area
Area A		
D19	10526.5	151485.08
D11	19147.5	
D31	5873.28	
.	.	
.	.	
D15	1441.2	
D18	1909.42	

Perhitungan total waktu pengambilan yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9. Berdasarkan Tabel 5.1 dapat diketahui total waktu pengambilan terbesar terdapat pada kemasan D11. Hal tersebut disebabkan karena kemasan D11 berdasarkan kategori dus memiliki jumlah persediaan yang paling banyak sementara untuk frekuensi pengiriman ke bagian frekuensi berada pada posisi dua teratas.

5.2.2.2 Analisis Hasil Storage Assignment Area B

Sel rak tempat penyimpanan bahan kemasan pada area B terdiri dari kategori *roll*. Pada area B gudang utama terdapat 4 jenis kemasan *roll* yang disimpan pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 84 sel rak. Pada area B gudang sewa terdapat 14 jenis kemasan *roll* yang disimpan pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 20 sel rak. *Storage assignment* untuk area B berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R1
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R2
R11	R11	R11	R11	R11	R11	

R11	R11	R11	R11	R11	R11	R3
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R4
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R5
R11	R11	R11	R11	R11	R11	

Gambar 5. 5 *Storage Assignment Area B*

Storage assignment untuk area B yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 7 dan Lampiran 8. Berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* tersebut dihitung total waktu pengambilan untuk masing-masing bahan kemasan sebagai berikut.

Tabel 5. 2 Waktu Pengambilan Area B

Kemasan	Total Waktu <i>Picking</i>	Total Waktu <i>Picking per Area</i>
Area B		
R11	117767	158351.7
R7	21237.22	
R13	10132.62	
R15	9214.86	

Perhitungan total waktu pengambilan yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9. Berdasarkan Tabel 5.2 dapat diketahui total waktu pengambilan terbesar terdapat pada kemasan R11. Hal tersebut disebabkan karena kemasan R11 berdasarkan kategori *roll* memiliki jumlah persediaan yang paling banyak dan frekuensi pengiriman ke bagian produksi yang terbesar.

5.2.2.3 Analisis Hasil *Storage Assignment Area C*

Sel rak tempat penyimpanan bahan kemasan pada area C terdiri dari kategori kaleng. Pada area C gudang utama terdapat 8 jenis kemasan kaleng yang disimpan pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 92 sel rak. Pada area C gudang sewa terdapat 3 jenis kemasan kaleng yang disimpan pada sel

rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 2 sel rak. *Storage assignment* untuk area C berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	
K4	K1	K1	K6	K6	K10	R1
K4	K1	K1	K6	K6	K10	
K4	K1	K1	K6	K6	K11	R2
K4	K1	K1	K6	K6	K11	
K4	K4	K1	K1	K6	K11	R3
K4	K4	K1	K1	K6	K11	
K4	K4	K1	K1	K6	K6	R4
K4	K4	K1	K1	K6	K6	
K2	K4	K4	K1	K6	K6	R5
K2	K4	K4	K1	K6	K6	

Gambar 5. 6 *Storage Assignment Area C*

Storage assignment untuk area C yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 7 dan Lampiran 8. Berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* tersebut dihitung total waktu pengambilan untuk masing-masing bahan kemasan sebagai berikut.

Tabel 5. 3 Waktu Pengambilan Area C

Kemasan	Total Waktu <i>Picking</i>	Total Waktu <i>Picking per Area</i>
Area C		
K4	55802.96	222398.06
K2	45014.24	
.	.	
.	.	
K8	3623.6	
K7	2525.02	

Perhitungan total waktu pengambilan yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9. Berdasarkan Tabel 5.3 dapat diketahui total waktu pengambilan terbesar terdapat pada kemasan K1. Hal tersebut disebabkan karena kemasan K1 berdasarkan kategori kaleng memiliki jumlah persediaan yang paling banyak sementara untuk frekuensi pengiriman ke bagian frekuensi berada pada posisi tiga teratas.

5.2.2.4 Analisis Hasil Storage Assignment Area D

Sel rak tempat penyimpanan bahan kemasan pada area D terdiri dari kategori *tray*. Pada area D gudang utama terdapat 3 jenis kemasan *tray* yang disimpan pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 26 sel rak. Pada area D gudang sewa terdapat 4 jenis kemasan *tray* yang disimpan pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 9 sel rak. *Storage assignment* untuk area D berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	
Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	R1
Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	
Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	R2
Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	R3
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	R4
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	R5
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	

Gambar 5. 7 *Storage Assignment* Area D

Storage assignment untuk area D yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 7 dan Lampiran 8. Berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* tersebut dihitung total waktu pengambilan untuk masing-masing bahan kemasan sebagai berikut.

Tabel 5. 4 Waktu Pengambilan Area D

Kemasan	Total Waktu <i>Picking</i>	Total Waktu <i>Picking per Area</i>
Area D		
Y2	26015.68	62061.96
Y3	27556.08	
Y6	8490.2	

Perhitungan total waktu pengambilan yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9. Berdasarkan Tabel 5.4 dapat diketahui total waktu pengambilan terbesar terdapat pada kemasan Y3. Hal tersebut disebabkan karena kemasan Y3 berdasarkan kategori *tray* memiliki jumlah persediaan kedua banyak dan untuk

frekuensi pengiriman ke bagian frekuensi juga berada pada posisi dua teratas. Besar frekuensi dan persediaan kemasan Y2 dan Y3 tidak terlalu jauh. Sehingga total waktu pengambilan kemasan Y3 juga berbeda sedikit dengan kemasan Y2. Tetapi total waktu kemasan Y2 lebih kecil karena letak penyimpanan kemasan Y2 berada lebih dekat ke pintu keluar daripada kemasan Y3.

5.2.2.5 Analisis Hasil Storage Assignment Area E

Sel rak tempat penyimpanan bahan kemasan pada area E terdiri dari kategori *showbox*. Pada area E gudang utama terdapat 12 jenis kemasan *showbox* yang disimpan pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 26 sel rak. Pada area E gudang sewa terdapat 18 jenis kemasan *showbox* yang disimpan pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 9 sel rak. *Storage assignment* untuk area E berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	
\$14	\$14	\$14	\$14	\$28	\$17	R1
\$14	\$14	\$14	\$14	\$28	\$17	
\$14	\$14	\$14	\$14	\$28	\$7	R2
\$14	\$14	\$14	\$5	\$28	\$7	
\$14	\$14	\$14	\$5	\$28	\$25	R3
\$14	\$14	\$14	\$5	\$28	\$25	
\$14	\$14	\$14	\$28	\$17	\$25	R4
\$14	\$14	\$14	\$28	\$17	\$25	
\$14	\$14	\$5	\$28	\$25	\$24	R5
\$14	\$14	\$5	\$28	\$25	\$24	

Gambar 5. 8 *Storage Assignment* Area E

Storage assignment untuk area E yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 7 dan Lampiran 8. Berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* tersebut dihitung total waktu pengambilan untuk masing-masing bahan kemasan sebagai berikut.

Tabel 5. 5 Waktu Pengambilan Area E

Kemasan	Total Waktu <i>Picking</i>	Total Waktu <i>Picking per Area</i>
Area E		
S14	14461.26	62299.52
S28	11161.98	
.	.	
.	.	
S29	2781.1	
S2	2237.84	

Perhitungan total waktu pengambilan yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9. Berdasarkan Tabel 5.5 dapat diketahui total waktu pengambilan terbesar terdapat pada kemasan S14. Hal tersebut disebabkan karena kemasan S14 berdasarkan kategori *showbox* memiliki jumlah persediaan yang paling banyak dan frekuensi pengiriman ke bagian produksi yang terbesar.

5.2.2.6 Analisis Hasil Storage Assignment Area F

Sel rak tempat penyimpanan bahan kemasan pada area F terdiri dari kategori *paper*. Pada area F gudang utama terdapat 20 jenis kemasan *paper* yang disimpan pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 39 sel rak. Pada area F gudang sewa terdapat 12 jenis kemasan *paper* yang disimpan pada sel rak dengan 6 *level* dan masing-masing *level* memiliki 5 sel rak. *Storage assignment* untuk area A berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	
P22	P22	P22	P22	P21	P21	R1
P22	P22	P22	P22	P21	P21	
P22	P22	P22	P22	P21	P32	R2
P22	P22	P22	P22	P21	P32	
P22	P22	P22	P22	P21	P32	R3
P22	P22	P22	P22	P21	P32	
P22	P22	P22	P21	P21	P32	R4
P22	P22	P22	P21	P21	P23	
P22	P22	P22	P21	P32	P28	R5
P22	P22	P22	P21	P32	P28	

Gambar 5. 9 *Storage Assignment* Area F

Storage assignment untuk area F yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 7 dan Lampiran 8. Berdasarkan hasil optimasi *storage assignment* tersebut dihitung total waktu pengambilan untuk masing-masing bahan kemasan sebagai berikut.

Tabel 5. 6 Waktu Pengambilan Area F

Kemasan	Total Waktu <i>Picking</i>	Total Waktu <i>Picking per Area</i>
Area F		
P22	27241.24	96712.38
P21	20730.66	
.	.	
.	.	
P20	1579.92	
P25	1346.04	

Perhitungan total waktu pengambilan yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9. Berdasarkan Tabel 5.6 dapat diketahui total waktu pengambilan terbesar terdapat pada kemasan P22. Hal tersebut disebabkan karena kemasan P22 berdasarkan kategori *paper* memiliki jumlah persediaan yang paling banyak sementara untuk frekuensi pengiriman ke bagian frekuensi berada pada posisi dua teratas.

5.2.3 Analisis Hasil Storage Assignment Keseluruhan pada Gudang Bahan Kemasan Utama (Saat Ini dan Perluasan)

Hasil optimasi *storage assignment* pada gudang utama bahan kemasan menunjukkan terdapat beberapa tata letak barang yang kurang sesuai, dimana kemasan yang memiliki frekuensi pengiriman lebih kecil diletakan lebih dekat ke pintu keluar daripada kemasan yang memiliki frekuensi pengiriman lebih besar. Hal tersebut terjadi karena nilai *cube order per index* yang dimiliki kemasan dengan frekuensi yang lebih kecil juga bernilai lebih kecil, sehingga akan diletakkan lebih dekat dengan pintu keluar.

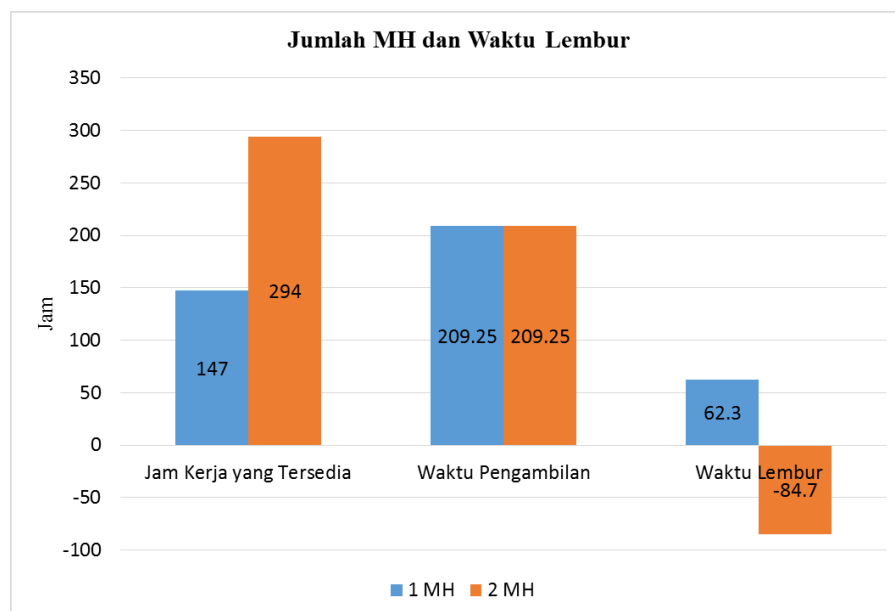
Hasil optimasi *storage assignment* pada gudang utama secara keseluruhan yaitu pada area A, B, C, D, E, dan F membutuhkan total waktu pengambilan seperti pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5. 7 Waktu Pengambilan Total

Area	Waktu Pengambilan
A	151485.08
B	158351.7
C	222398.06
D	62061.96
E	62299.52
F	96712.38
Total (detik)	753308.7
Total (jam)	209.2524167

Berdasarkan Tabel 5.7 dibutuhkan waktu 209.25 jam untuk dapat mengeluarkan seluruh bahan kemasan untuk dikirim ke bagian produksi sesuai dengan permintaan per-minggunya. Dengan kondisi jumlah *reach truck* yang digunakan oleh gudang bahan kemasan PT X berjumlah 1 buah dan waktu kerja

yang tersedia untuk melakukan pengambilan barang dalam satu hari yaitu 21 jam, maka didapatkan waktu pengambilan yang tersedia untuk satu minggu adalah 147 jam. Waktu pengambilan yang tersedia lebih kecil dari total waktu yang dibutuhkan sehingga akan terdapat bahan kemasan yang tidak dapat dikirim ke bagian produksi. Agar aktivitas pengambilan barang dapat berjalan dengan baik yaitu semua permintaan bahan kemasan dari bagian produksi dapat terpenuhi maka diberikan alternatif solusi berupa penambahan jumlah *reach truck* atau pengadaan waktu lembur dengan rincian sebagai berikut.



Gambar 5. 10 Jumlah *Reach Truck* dan Waktu Lembur yang Dibutuhkan

Berdasarkan Gambar 5.10 dapat diketahui bahwa jika terdapat satu buah *reach truck* pada gudang bahan kemasan maka dibutuhkan waktu lembur karyawan sebanyak 62.3 jam. Biaya waktu lembur karyawan pada gudang bahan kemasan PT X adalah Rp 28.500 untuk setiap satu jam, sehingga dibutuhkan total biaya lembur sebesar Rp 1.795.500 perminggunya. Sementara jika terdapat dua buah *reach truck* maka tidak diperlukan waktu lembur untuk menyelesaikan pengambilan barang dan terdapat *idle time* pada *reach truck* tersebut selama 84.7 jam. Waktu *idle reach truck* tersebut jika digunakan kembali untuk mengambil bahan kemasan maka dapat mengambil 2165 palet tambahan dengan ketentuan rata-rata waktu pengambilan

satu palet sebesar 141 detik, waktu rata-rata tersebut didapatkan dari total waktu pengambilan dibagi dengan total jumlah palet bahan kemasan yang disimpan pada gudang. Penambahan satu buah *reach truck* akan membutuhkan biaya sekitar Rp 250.00.000.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan penarikan kesimpulan dari penelitian ini dan pemberian saran oleh penulis. Kesimpulan dirumuskan berdasarkan tujuan dari penelitian yang telah ditetapkan pada Bab 1 dan saran diberikan oleh penulis terkait dengan pengembangan dari penelitian ini.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini berdasarkan tujuan dan pengolahan data yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Jumlah barang yang tidak dapat ditampung oleh gudang bahan kemasan PT X saat ini adalah 2010 palet. Dengan adanya perluasan gudang berupa penambahan sel rak sebesar 1452 palet maka jumlah barang yang tidak dapat ditampung turun menjadi 558 palet. Meskipun telah dilakukan perluasan gudang, jumlah barang yang tidak dapat ditampung oleh gudang bahan kemasan PT X tetap masih ada, sehingga disarankan untuk melakukan penyewaan gudang. Dengan adanya gudang sewa maka semua bahan kemasan dapat diletakkan pada tempat yang seharusnya, sehingga tidak ada lagi bahan kemasan yang diletakkan di area *aisle* dan *docking*. Luas gudang sewa yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan *level* sel rak yang terdapat pada gudang sewa tersebut.
2. Dihasilkan model optimasi *storage assignment* untuk barang kemasan yang disimpan pada gudang bahan kemasan PT X dengan tujuan meminimumkan *picking time*. Parameter yang digunakan pada model *storage assignment* barang adalah frekuensi pengiriman barang ke bagian produksi dan waktu tempuh setiap sel rak. Berdasarkan hasil *storage assignment* yang telah dilakukan didapatkan total waktu pengambilan barang pada gudang utama (saat ini dan perluasan) yaitu sebesar 209.25 jam. Sementara waktu kerja yang tersedia saat ini pada gudang bahan kemasan utama bernilai lebih kecil

dari total waktu pengambilan sehingga diberikan dua alternatif solusi berupa penambahan jumlah *material handling* atau pengadaan jam lembur.

6.2 Saran

Saran yang dapat dijadikan pertimbangan pada penelitian selanjutnya berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pembuatan model *storage assignment* yang selanjutnya dapat menghasilkan *storage assignment* pada gudang saat ini dan gudang sewa yang memiliki *level* sel rak yang berbeda. Hal tersebut karena indeks *level* yang ada pada model *storage assignment* pada penelitian ini harus bernilai sama, sementara *level* sel rak pada gudang saat ini dan gudang sewa bisa saja berbeda.
2. Perbaikan pada model *storage assignment* dapat dilakukan pada parameter atau konstrain yang lain. Selain itu dapat pula memperhatikan nilai COI (*Cube Order per Index*) pada pembuatan model yang selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ballou, R. H., 2004. *Business Logistic Management*. New Jersey: Prentice Hall.
- BPS, 2016. www.bps.go.id. [Online]
Available at: www.bps.go.id
[Diakses Januari 2017].
- Ene, S. & Öztürk, N., 2012. Storage Location Assignment and Order Picking Optimization in The Automotive Industry. *International Kournal Advance Manufacturing Technology*, pp. 787-797.
- Ghiani, G., Laporte, G. & Musmanno, R., 2004. *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Guerriero, F., Musmanno, R., Pisacane, O. & Rende, F., 2013. A Mathematical Model for the Multi-Levels Product Allocation Problem in a Warehouse with Compatibility Constrains. *Applied Mathematical Modelling*, pp. 4385-4398.
- Hadiguna, R. A. & Setiawan, H., 2008. *Tata Letak Pabrik*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Heizer, J. & Render, B., 2009. *Manajemen Operasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Heragu, S. S., 2008. *Facilities Design*. New York: CRC Press.
- Indrajit, R. E., 2003. *Manajemen Persediaan*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Koster, R. D., Duc, T. L. & Roodbergen, K. J., 2007. Design and Control of Warehouse Order Picking: A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, pp. 481-501.
- Kusuma, H., 2009. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lama, K., 2016. *The Right Solution For Your Storage System*. [Online]
Available at: https://ebook.kawanlama.com/b_storage_system.pdf
[Diakses Maret 2017].
- Lambert, D. M. & Stock, J. R., 2001. *Strategic Logistic Management*. New York: Mc Graw Hill.

- Lukman, A. S., 2016. www.gapmmi.or.id. [Online]
Available at: www.gapmmi.or.id
[Diakses Januari 2017].
- Permendagri, 2007. www.bpkp.go.id. [Online]
Available at: www.bpkp.go.id
[Diakses Maret 2017].
- Piasecki, D., 2012. www.inventoryops.com/order_picking.htm. [Online]
Available at: www.inventoryops.com/order_picking.htm
[Diakses Maret 2017].
- Prawirosentono, S., 2000. *Manajemen Operasi: Analisis dan Studi Kasus*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Rangkutti, F., 2004. *Manajemen Persediaan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Sanei, O., 2011. *A Heuristic Algorithm for The Warehouse Space Assignment Problem Considering Operational Constraints: With Application in a Case Study*. Kuala Lumpur, Malaysia, s.n., pp. 1-7.
- Schroeder, R. G., 2000. *Operations Management*. United States of America: MC Graw Hill Company.
- Subagya, M. S., 1994. *Manajemen Logistik*. Jakarta: PT Gunung Agung.
- Sukadarto, 2001. *Manajemen Sumber Daya Manusia, Keuangan, dan Materil*. Jakarta: LAN.
- Tampubolon, M. P., 2004. *Manajemen Operasional*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Tompkins, 2016. *How to Maximize Warehouse Space*, United State: Tompkins Industries Inc.
- Yunarto, H. I. & Santika, M. G., 2005. *Business Concept Implementation Series in Inventory Management*. Jakarta: Elex Media.
- Zhang, Y., 2016. Correlated Storage Assignment Strategy to Reduce Travel Distance in Order Picking. *IFAC Conference Paper Archive*, pp. 30-35.

Lampiran 1

Data Barang yang Disimpan serta Standar dan Berat Barang Per Palet

No.	Kemasan	Standar/ Palet	Berat/ Palet
DUS			
1	D1	1200	360
2	D2	1200	360
3	D3	1200	360
4	D4	1200	360
5	D5	1200	360
6	D6	960	350
7	D7	1200	360
8	D8	960	250
9	D9	960	250
10	D10	1000	250
11	D11	1200	360
12	D12	1000	250
13	D13	1000	250
14	D14	1000	250
15	D15	17640	390
16	D16	1200	360
17	D17	1200	360
18	D18	1200	360
19	D19	1400	360
20	D20	720	300
21	D21	720	300
22	D22	600	320
23	D23	720	300
24	D24	720	300
25	D25	720	300
26	D26	720	300
27	D27	1200	360
28	D28	1200	360
29	D29	450	260
.	.	.	.
.	.	.	.
38	D38	300	320
39	D39	300	250

No.	Kemasan	Standar/ Palet	Berat/ Palet
ROLL			
1	R1	72	490
2	R2	72	490
3	R3	48	400
4	R4	48	400
5	R5	48	400
6	R6	48	400
7	R7	24	320
8	R8	48	400
9	R9	48	400
10	R10	24	320
11	R11	3000	450
12	R12	48	320
.	.	.	.
.	.	.	.
17	R17	48	400
18	R18	48	400
TRAY			
1	Y1	24000	300
2	Y2	24000	300
3	Y3	31200	350
4	Y4	6750	320
5	Y5	6750	320
6	Y6	20000	300
KALENG			
1	K1	420	320
2	K2	486	400
3	K3	420	320
4	K4	432	340
5	K5	288	250
.	.	.	.
.	.	.	.
10	K10	252	300
11	K11	252	300

No.	Kemasan	Standar/ Palet	Berat/ Palet
SHOWBOX			
1	S1	14000	250
2	S2	20000	280
3	S3	14000	250
4	S4	14000	250
5	S5	20000	280
6	S6	20000	280
7	S7	20000	280
8	S8	5000	300
9	S9	48	250
10	S10	14000	250
11	S11	14000	250
12	S12	14000	250
13	S13	14000	250
14	S14	20000	280
15	S15	20000	280
16	S16	7000	300
17	S17	7000	300
18	S18	14000	300
19	S19	14000	300
20	S20	5000	300
21	S21	5000	300
22	S22	5000	300
.	.	.	.
.	.	.	.
29	S29	14000	250
30	S30	14000	250

No.	Kemasan	Standar/ Palet	Berat/ Palet
PAPER			
1	P1	3750000	510
2	P2	3750000	510
3	P3	3750000	510
4	P4	3750000	510
5	P5	3750000	510
6	P6	3750000	510
7	P7	3750000	510
8	P8	3750000	510
9	P9	3750000	510
10	P10	750	180
11	P11	750	150
12	P12	750	150
13	P13	750	160
14	P14	1	70
15	P15	750	215
16	P16	2016	250
17	P17	20000	150
18	P18	750	290
19	P19	45000	300
20	P20	24000	300
21	P21	1575	200
22	P22	1575	200
.	.	.	.
.	.	.	.
31	P31	24000	100
32	P32	52500	310

Lampiran 2

Data Pengiriman Barang Kemasan Ke Bagian Produksi

No	Kemasan	Pengiriman ke Produksi												Rata-Rata
		Januari				Februari				Maret				
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	
DUS														
1	D1	3	3	4	4	4	2	3	4	2	4	3	2	4
2	D2	5	6	8	2	4	10	7	10	10	4	7	5	7
3	D3	11	10	24	7	14	14	14	13	16	15	18	25	16
4	D4	26	27	45	26	30	43	52	35	41	40	35	43	37
5	D5	10	11	14	9	6	6	25	15	11	11	12	15	13
6	D6	13	4	5	4	4	5	11	2	5	8	4	6	6
7	D7	0	0	2	4	4	0	0	0	0	1	0	0	1
8	D8	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	D9	6	3	4	6	2	1	3	1	1	1	1	0	3
10	D10	25	42	26	33	47	39	32	41	57	49	28	42	39
11	D11	41	48	82	126	176	111	30	109	117	116	13	89	89
12	D12	10	7	12	11	10	13	21	0	24	19	15	16	14
13	D13	8	8	24	10	11	10	6	0	9	12	16	17	11
14	D14	52	55	65	48	56	59	36	21	75	53	57	87	56
15	D15	4	4	2	1	0	5	3	2	4	3	3	3	3
16	D16	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
17	D17	17	15	20	13	0	0	0	0	0	0	11	11	8
18	D18	19	1	3	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
19	D19	95	82	127	112	140	148	132	183	166	157	142	156	137
20	D20	12	9	21	22	24	25	6	0	22	10	0	2	13
21	D21	1	0	0	0	0	3	3	0	0	16	2	6	3
22	D22	1	0	0	0	6	14	17	28	18	12	24	13	12
23	D23	1	24	17	25	0	1	5	0	19	24	26	32	15
24	D24	0	0	1	0	0	0	0	0	12	39	44	17	10
25	D25	0	0	1	7	19	35	15	25	17	0	0	0	10
26	D26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	2
27	D27	0	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
28	D28	4	1	1	3	3	5	3	1	5	8	4	4	4
29	D29	15	6	5	15	12	6	21	5	8	0	1	5	9
30	D30	0	4	4	0	0	8	5	1	1	18	1	1	4
.
.
38	D38	5	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2
39	D39	0	0	0	0	0	7	59	35	8	0	0	0	10

No	Kemasan	Pengiriman ke Produksi												Rata-Rata
		Januari				Februari				Maret				
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	
SHOWBOX														
1	S1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	S2	3	1	4	2	0	3	2	3	3	2	2	3	3
3	S3	1	2	1	1	2	3	0	0	2	0	2	2	2
4	S4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
5	S5	9	11	14	10	12	15	9	14	15	15	12	16	13
6	S6	0	2	2	1	0	0	0	0	1	2	2	0	1
7	S7	6	5	4	4	2	3	1	7	4	5	4	5	5
8	S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
9	S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	2
10	S10	0	0	0	0	0	0	0	5	31	0	13	0	5
11	S11	9	8	10	7	0	1	0	0	0	0	5	6	4
12	S12	4	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
13	S13	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
14	S14	44	35	58	42	59	63	55	64	64	70	70	60	57
15	S15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
16	S16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
17	S17	0	0	0	0	5	14	8	14	8	7	11	7	7
18	S18	0	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
.
.
29	S29	10	6	8	0	0	0	9	0	0	0	7	0	4
30	S30	0	0	0	0	0	5	0	10	2	0	0	0	2
ROLL														
1	R1	8	11	12	9	9	13	7	13	12	13	12	12	11
2	R2	5	5	3	2	2	3	3	4	3	4	3	4	4
3	R3	3	1	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
4	R4	0	2	2	34	30	16	0	0	0	4	5	1	8
5	R5	9	8	11	3	0	0	0	3	8	2	0	1	4
6	R6	5	4	2	0	1	5	3	0	4	4	4	4	3
7	R7	0	0	0	17	74	63	0	72	59	69	5	51	35
8	R8	8	2	9	9	10	15	13	15	14	16	8	8	11
9	R9	5	5	5	5	6	6	3	2	8	5	6	7	6
10	R10	6	5	7	6	8	8	5	0	4	11	9	10	7
.
.
17	R17	3	2	4	3	3	3	4	4	2	1	3	0	3
18	R18	8	4	11	7	8	6	12	12	2	3	9	4	8

No	Kemasan	Pengiriman ke Produksi												Rata-Rata
		Januari				Februari				Maret				
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	
TRAY														
1	Y1	6	5	8	11	9	7	3	11	10	5	9	5	8
2	Y2	43	62	34	21	35	37	65	78	45	44	52	92	51
3	Y3	70	72	45	44	47	34	0	17	54	6	46	90	44
4	Y4	0	0	0	0	0	39	30	16	45	29	29	40	19
5	Y5	0	0	0	0	4	8	27	16	7	7	12	6	8
6	Y6	13	14	25	29	26	22	15	12	29	16	19	43	22
KALENG														
1	K1	0	0	0	0	59	102	134	210	128	80	202	81	83
2	K2	32	131	166	46	174	229	136	202	159	0	0	61	112
3	K3	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	K4	103	87	215	200	247	240	50	0	217	34	0	5	117
5	K5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1
.
.
10	K10	22	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
11	K11	0	0	0	0	0	49	0	0	0	0	62	0	10
PAPER														
1	P1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2	P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
3	P3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
4	P4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
5	P5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
6	P6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1
7	P7	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
8	P8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	P9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
10	P10	6	2	3	5	4	4	4	2	5	4	3	3	4
11	P11	5	1	0	0	2	3	0	2	2	1	1	1	2
12	P12	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
13	P13	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
14	P14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	7
15	P15	2	2	2	2	3	3	2	2	2	3	3	2	3
16	P16	1	1	2	2	3	2	0	2	2	2	1	2	2
.
.
31	P31	1	1	0	0	2	5	3	6	3	5	5	3	3
32	P32	32	15	20	33	31	25	11	7	24	33	2	9	21

Lampiran 3

Data Tingkat Persediaan

No	Kemasan	Persediaan
DUS		
1	D1	6
2	D2	12
3	D3	26
4	D4	89
5	D5	23
6	D6	13
7	D7	6
8	D8	5
9	D9	8
10	D10	56
11	D11	257
12	D12	40
13	D13	23
14	D14	196
15	D15	10
16	D16	4
17	D17	30
18	D18	13
19	D19	187
20	D20	30
21	D21	12
22	D22	41
23	D23	52
24	D24	38
25	D25	42
26	D26	11
27	D27	5
28	D28	13
29	D29	21
.	.	.
.	.	.
38	D38	7
39	D39	52

No	Kemasan	Persediaan
ROLL		
1	R1	16
2	R2	6
3	R3	17
4	R4	30
5	R5	17
6	R6	10
7	R7	125
8	R8	20
9	R9	10
10	R10	19
11	R11	771
12	R12	11
.	.	.
.	.	.
17	R17	10
18	R18	15
TRAY		
1	Y1	13
2	Y2	137
3	Y3	133
4	Y4	51
5	Y5	23
6	Y6	61
KALENG		
1	K1	292
2	K2	244
3	K3	6
4	K4	284
5	K5	3
.	.	.
.	.	.
9	K9	9
10	K10	18

No	Kemasan	Persediaan
<i>SHOWBOX</i>		
1	S1	3
2	S2	10
3	S3	6
4	S4	3
5	S5	18
6	S6	3
7	S7	9
8	S8	3
9	S9	14
10	S10	27
11	S11	13
12	S12	5
13	S13	4
14	S14	77
15	S15	4
16	S16	3
17	S17	17
18	S18	3
19	S19	3
20	S20	4
21	S21	4
22	S22	7
.	.	.
.	.	.
29	S29	13
30	S30	9

No	Kemasan	Persediaan
<i>PAPER</i>		
1	P1	4
2	P2	4
3	P3	3
4	P4	4
5	P5	3
6	P6	3
7	P7	4
8	P8	4
9	P9	4
10	P10	8
11	P11	8
12	P12	4
13	P13	4
14	P14	51
15	P15	5
16	P16	4
17	P17	9
18	P18	6
19	P19	8
20	P20	7
21	P21	101
22	P22	140
.	.	.
.	.	.
31	P31	11
32	P32	62

Lampiran 4

Data Waktu Tempuh Sel Rak Gudang Saat Ini

AREA A								
Sel Rak	Level 4	Level 5	Level 6		Sel Rak	Level 4	Level 5	Level 6
R1	43.26	48.36	53.46		R133	118.78	123.88	128.98
R2	45.18	50.28	55.38		R134	120.7	125.8	130.9
R3	47.1	52.2	57.3		R135	122.62	127.72	132.82
R4	49.02	54.12	59.22		R136	124.54	129.64	134.74
R5	50.94	56.04	61.14		R137	126.46	131.56	136.66
R6	52.86	57.96	63.06		R138	128.38	133.48	138.58
R7	54.78	59.88	64.98		R139	130.3	135.4	140.5
R8	56.7	61.8	66.9		R140	132.22	137.32	142.42
R9	58.62	63.72	68.82		R141	134.14	139.24	144.34
R10	60.54	65.64	70.74		R142	136.06	141.16	146.26
.
.
R131	114.94	120.04	125.14		R263	104.14	109.24	114.34
R132	116.86	121.96	127.06		R264	106.06	111.16	116.26

AREA B						
Sel Rak	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
1	130.44	135.54	140.64	145.74	150.84	155.94
2	128.52	133.62	138.72	143.82	148.92	154.02
3	130.52	135.62	140.72	145.82	150.92	156.02
4	132.44	137.54	142.64	147.74	152.84	157.94
5	134.36	139.46	144.56	149.66	154.76	159.86
6	136.28	141.38	146.48	151.58	156.68	161.78
7	138.2	143.3	148.4	153.5	158.6	163.7
8	140.12	145.22	150.32	155.42	160.52	165.62
9	142.04	147.14	152.24	157.34	162.44	167.54
10	143.96	149.06	154.16	159.26	164.36	169.46
.
.
55	156.2	161.3	166.4	171.5	176.6	181.7
56	158.12	163.22	168.32	173.42	178.52	183.62

AREA C						
Sel Rak	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
1	139.4	144.5	149.6	154.7	159.8	164.9
2	137.48	142.58	147.68	152.78	157.88	162.98
3	139.48	144.58	149.68	154.78	159.88	164.98

4	141.4	146.5	151.6	156.7	161.8	166.9
5	143.32	148.42	153.52	158.62	163.72	168.82
6	145.24	150.34	155.44	160.54	165.64	170.74
7	147.16	152.26	157.36	162.46	167.56	172.66
8	149.08	154.18	159.28	164.38	169.48	174.58
9	151	156.1	161.2	166.3	171.4	176.5
.
.
59	173.72	178.82	183.92	189.02	194.12	199.22
60	171.8	176.9	182	187.1	192.2	197.3

AREA D						
Sel Rak	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
1	203.08	208.18	213.28	218.38	223.48	228.58
2	201.16	206.26	211.36	216.46	221.56	226.66
3	199.24	204.34	209.44	214.54	219.64	224.74
4	197.32	202.42	207.52	212.62	217.72	222.82
5	195.4	200.5	205.6	210.7	215.8	220.9
6	193.48	198.58	203.68	208.78	213.88	218.98
7	191.56	196.66	201.76	206.86	211.96	217.06
8	189.64	194.74	199.84	204.94	210.04	215.14
9	187.72	192.82	197.92	203.02	208.12	213.22
.
.
25	178.2	183.3	188.4	193.5	198.6	203.7
26	176.28	181.38	186.48	191.58	196.68	201.78

AREA F						
Sel Rak	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
1	205.64	210.74	215.84	220.94	226.04	231.14
2	203.72	208.82	213.92	219.02	224.12	229.22
3	201.8	206.9	212	217.1	222.2	227.3
4	199.88	204.98	210.08	215.18	220.28	225.38
5	197.96	203.06	208.16	213.26	218.36	223.46
6	196.04	201.14	206.24	211.34	216.44	221.54
7	194.12	199.22	204.32	209.42	214.52	219.62
8	192.2	197.3	202.4	207.5	212.6	217.7
9	190.28	195.38	200.48	205.58	210.68	215.78
.
.
28	182.68	187.78	192.88	197.98	203.08	208.18
29	180.76	185.86	190.96	196.06	201.16	206.26

Lampiran 5

Data Waktu Tempuh Sel Rak Gudang Saat Ini dan Perluasan serta Gudang Sewa

AREA A								
Sel Rak	Level 1	Level 2	Level 3		Sel Rak	Level 1	Level 2	Level 3
1	43.26	48.36	53.46		250	79.18	84.28	89.38
2	45.18	50.28	55.38		251	81.1	86.2	91.3
3	47.1	52.2	57.3		252	83.02	88.12	93.22
4	49.02	54.12	59.22		253	84.94	90.04	95.14
5	50.94	56.04	61.14		254	86.86	91.96	97.06
6	52.86	57.96	63.06		260	98.38	103.48	108.58
7	54.78	59.88	64.98		261	100.3	105.4	110.5
8	56.7	61.8	66.9		262	102.22	107.32	112.42
9	58.62	63.72	68.82		263	104.14	109.24	114.34
10	60.54	65.64	70.74		264	106.06	111.16	116.26
.
.
248	75.34	80.44	85.54		9	58.62	63.72	68.82
249	77.26	82.36	87.46		10	60.54	65.64	70.74

AREA B						
Sel Rak	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
1	130.44	135.54	140.64	145.74	150.84	155.94
2	128.52	133.62	138.72	143.82	148.92	154.02
3	130.52	135.62	140.72	145.82	150.92	156.02
4	132.44	137.54	142.64	147.74	152.84	157.94
5	134.36	139.46	144.56	149.66	154.76	159.86
6	136.28	141.38	146.48	151.58	156.68	161.78
7	138.2	143.3	148.4	153.5	158.6	163.7
8	140.12	145.22	150.32	155.42	160.52	165.62
9	142.04	147.14	152.24	157.34	162.44	167.54
10	143.96	149.06	154.16	159.26	164.36	169.46
.
.
83	160.68	165.78	170.88	175.98	181.08	186.18
84	162.6	167.7	172.8	177.9	183	188.1
.
.
19	136.36	141.46	146.56	151.66	156.76	161.86
20	138.28	143.38	148.48	153.58	158.68	163.78

AREA C						
Sel Rak	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
1	198.6	203.7	208.8	213.9	219	224.1
2	196.68	201.78	206.88	211.98	217.08	222.18
3	194.76	199.86	204.96	210.06	215.16	220.26
4	192.84	197.94	203.04	208.14	213.24	218.34
5	190.92	196.02	201.12	206.22	211.32	216.42
6	189	194.1	199.2	204.3	209.4	214.5
7	187.08	192.18	197.28	202.38	207.48	212.58
8	185.16	190.26	195.36	200.46	205.56	210.66
9	183.24	188.34	193.44	198.54	203.64	208.74
10	181.32	186.42	191.52	196.62	201.72	206.82
.
.
83	160.68	165.78	170.88	175.98	181.08	186.18
84	162.6	167.7	172.8	177.9	183	188.1
.
.
1	198.6	203.7	208.8	213.9	219	224.1
2	196.68	201.78	206.88	211.98	217.08	222.18

AREA D						
Sel Rak	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
1	175.08	180.18	185.28	190.38	195.48	200.58
2	177	182.1	187.2	192.3	197.4	202.5
3	178.92	184.02	189.12	194.22	199.32	204.42
4	180.84	185.94	191.04	196.14	201.24	206.34
5	182.76	187.86	192.96	198.06	203.16	208.26
6	184.68	189.78	194.88	199.98	205.08	210.18
7	186.6	191.7	196.8	201.9	207	212.1
8	188.52	193.62	198.72	203.82	208.92	214.02
9	190.44	195.54	200.64	205.74	210.84	215.94
10	192.36	197.46	202.56	207.66	212.76	217.86
.
.
25	198.2	203.3	208.4	213.5	218.6	223.7
26	200.12	205.22	210.32	215.42	220.52	225.62
.
.
8	188.52	193.62	198.72	203.82	208.92	214.02
9	190.44	195.54	200.64	205.74	210.84	215.94

AREA E						
Sel Rak	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
1	177.08	182.18	187.28	192.38	197.48	202.58
2	179	184.1	189.2	194.3	199.4	204.5
3	180.92	186.02	191.12	196.22	201.32	206.42
4	182.84	187.94	193.04	198.14	203.24	208.34
5	184.76	189.86	194.96	200.06	205.16	210.26
6	186.68	191.78	196.88	201.98	207.08	212.18
7	188.6	193.7	198.8	203.9	209	214.1
8	190.52	195.62	200.72	205.82	210.92	216.02
9	192.44	197.54	202.64	207.74	212.84	217.94
10	194.36	199.46	204.56	209.66	214.76	219.86
.
.
25	200.68	205.78	210.88	215.98	221.08	226.18
26	202.6	207.7	212.8	217.9	223	228.1
.
.
8	190.52	195.62	200.72	205.82	210.92	216.02
9	192.44	197.54	202.64	207.74	212.84	217.94

AREA F						
Sel Rak	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
1	181.56	186.66	191.76	196.86	201.96	207.06
2	183.48	188.58	193.68	198.78	203.88	208.98
3	185.4	190.5	195.6	200.7	205.8	210.9
4	187.32	192.42	197.52	202.62	207.72	212.82
5	189.24	194.34	199.44	204.54	209.64	214.74
6	191.16	196.26	201.36	206.46	211.56	216.66
7	193.08	198.18	203.28	208.38	213.48	218.58
8	195	200.1	205.2	210.3	215.4	220.5
9	196.92	202.02	207.12	212.22	217.32	222.42
10	198.84	203.94	209.04	214.14	219.24	224.34
.
.
38	207.16	212.26	217.36	222.46	227.56	232.66
39	209.08	214.18	219.28	224.38	229.48	234.58
.
.
4	187.32	192.42	197.52	202.62	207.72	212.82
5	189.24	194.34	199.44	204.54	209.64	214.74

Lampiran 6

Data Bahan Kemasan yang Diletakkan Di Gudang Sewa

No.	Kemasan	Berat/ Palet	Frek	Persediaan	Kumulatif Inventory
DUS					
1	D21	300	3	12	12
2	D26	300	2	11	23
3	D34	300	2	7	30
4	D38	250	2	7	37
5	D7	360	1	6	43
6	D8	250	1	5	48
7	D16	360	1	4	52
8	D27	360	1	5	57
SHOWBOX					
1	S23	300	3	15	15
2	S26	250	3	7	22
3	S3	250	2	6	28
4	S9	250	2	14	42
5	S22	300	2	7	49
6	S30	250	2	9	58
7	S1	250	1	3	61
8	S4	250	1	3	64
9	S6	280	1	3	67
10	S8	300	1	3	70
11	S12	250	1	5	75
12	S13	250	1	4	79
13	S15	280	1	4	83
14	S16	300	1	3	86
15	S18	300	1	3	89
16	S19	300	1	3	92
17	S20	300	1	4	96
18	S21	300	1	4	100
ROLL					
1	R16	400	13	37	1042
2	R1	490	11	16	1058
3	R8	400	11	20	1078
4	R4	400	8	30	1108
5	R18	400	8	15	1123
6	R10	320	7	19	1142

7	R9	400	6	10	1152
8	R14	515	6	18	1170
9	R2	490	4	6	1176
10	R5	400	4	17	1193
11	R12	320	4	11	1204
12	R3	400	3	17	1221
13	R6	400	3	10	1231
14	R17	400	3	10	1241
TRAY					
1	Y6	300	22	21	331
2	Y4	320	19	51	382
3	Y1	300	8	13	395
4	Y5	320	8	23	418
KALENG					
1	K9	400	2	9	1112
2	K3	320	1	6	1118
3	K5	250	1	3	1121
PAPER					
1	P26	180	2	6	471
2	P27	400	2	6	477
3	P29	130	2	8	485
4	P1	510	1	4	489
5	P2	510	1	4	493
6	P3	510	1	4	497
7	P4	510	1	4	501
8	P5	510	1	3	504
9	P6	510	1	3	507
10	P7	510	1	4	511
11	P8	510	1	4	515
12	P9	510	1	4	519

Lampiran 7

Hasil *Storage Assignment* Barang Pada Gudang Utama (Saat Ini dan Perluasa) – Area A

[illegible]

Hasil *Storage Assignment* Barang Pada Gudang Utama (Saat Ini dan Perluasa) – Area B

Level1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	B
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R1
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R2
R11	R11	R11	R11	R11	R11	

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	B
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R15
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R16
R11	R11	R11	R11	R11	R11	

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	B
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R29
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R30
R11	R11	R11	R11	R11	R11	

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	B
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R43
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R44
R11	R11	R11	R11	R11	R11	

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	B
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R57
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R58
R11	R11	R11	R11	R11	R11	

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	B
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R71
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R72
R11	R11	R11	R11	R11	R11	

R11	R11	R11	R11	R11	R11	R3
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R4
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R5
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R6
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R7
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R8
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R9
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R10
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R11
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R7	R7	R12
R11	R11	R11	R11	R7	R13	
R11	R11	R11	R11	R7	R7	R13
R11	R11	R11	R11	R7	R13	
R11	R11	R11	R7	R7	R13	R14
R11	R11	R11	R7	R7	R15	

R11	R11	R11	R11	R11	R11	R17
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R18
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R19
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R20
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R21
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R22
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R23
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R7	R7	R24
R11	R11	R11	R11	R7	R7	
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R25
R11	R11	R11	R11	R7	R13	
R11	R11	R11	R7	R7	R15	R26
R11	R11	R11	R7	R13	R13	
R11	R11	R11	R7	R13	R15	R27
R11	R11	R11	R7	R13	R15	
R11	R11	R11	R7	R13	R15	R28

R11	R11	R11	R11	R11	R11	R31
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R32
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R33
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R34
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R35
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R36
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R7	R7	R37
R11	R11	R11	R11	R7	R7	
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R38
R11	R11	R11	R11	R7	R7	
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R39
R11	R11	R11	R7	R13	R13	
R11	R11	R11	R7	R13	R15	R40
R11	R11	R11	R7	R13	R15	
R11	R11	R11	R7	R13	R15	R41
R11	R11	R11	R7	R13	R15	
R11	R11	R11	R7	R13	R15	R42

R11	R11	R11	R11	R11	R11	R11	R45
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R11	R46
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R11	R47
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R7	R48
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R7	R49
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R7	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R7	R50
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R7	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R13	R51
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R13	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R13	R52
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R15	
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R15	R53
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R15	
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R15	R54
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R15	
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R15	R55
R11	R11	R11	R7	R13	R15	R15	
R11	R11	R7	R13	R15	R15	R15	R56

R11	R11	R11	R11	R11	R11	R59
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R11	R60
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R61
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R62
R11	R11	R11	R11	R7	R7	
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R63
R11	R11	R11	R11	R7	R7	
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R64
R11	R11	R11	R11	R7	R7	
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R65
R11	R11	R11	R7	R13	R15	
R11	R11	R11	R7	R13	R15	R66
R11	R11	R11	R7	R13	R15	
R11	R11	R7	R7	R13	R15	R67
R11	R11	R7	R7	R13	R15	
R11	R11	R7	R7	R13	R15	R68
R11	R11	R7	R13	R15	R15	
R11	R11	R7	R13	R15	R15	R69
R11	R11	R7	R13	R15	R15	
R11	R11	R7	R13	R15	R15	R70

R11	R11	R11	R11	R11	R11	R73
R11	R11	R11	R11	R11	R11	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R74
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R11	R7	R75
R11	R11	R11	R11	R11	R7	
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R76
R11	R11	R11	R11	R7	R7	
R11	R11	R11	R11	R7	R13	R77
R11	R11	R11	R11	R7	R14	
R11	R11	R11	R11	R7	R15	R78
R11	R11	R11	R7	R13	R15	
R11	R11	R11	R7	R13	R15	R79
R11	R11	R11	R7	R13	R15	
R11	R11	R11	R7	R13	R15	R80
R11	R11	R7	R13	R13	R15	
R11	R11	R7	R13	R13	R15	R81
R11	R11	R7	R13	R15	R15	
R11	R11	R7	R13	R15	R15	R82
R11	R11	R7	R13	R15	R15	
R11	R11	R7	R13	R15		R83
R11	R7	R13	R15	R15		
R11	R7	R13	R15	R15		R84

Hasil *Storage Assignment* Barang Pada Gudang Utama (Saat Ini dan Perluasa) – Area C

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	C
K4	K1	K1	K6	K6	K10	R1
K4	K1	K1	K6	K6	K11	R2
K4	K1	K1	K6	K6	K11	R3
K4	K4	K1	K1	K6	K11	R4
K4	K4	K1	K1	K6	K6	R5
K2	K4	K4	K1	K1	K6	R6
K2	K4	K4	K1	K1	K6	R7
K2	K4	K4	K1	K1	K6	R8
K2	K2	K4	K4	K1	K6	R9
K2	K2	K4	K4	K1	K1	R10
K2	K2	K2	K4	K1	K1	R11
K2	K2	K2	K4	K4	K1	R12
K2	K2	K2	K2	K4	K4	R13
K2	K2	K2	K2	K4	K4	R14
K2	K2	K2	K2	K4	K4	R15
K2	K2	K2	K2	K4	K4	R16

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	C
K4	K1	K6	K6	K11	K8	R17
K4	K1	K1	K6	K11	K10	R18
K4	K1	K1	K6	K6	K11	R19
K4	K4	K1	K1	K6	K11	R20
K4	K4	K1	K1	K6	K6	R21
K2	K4	K1	K1	K6	K6	R22
K2	K4	K4	K1	K1	K6	R23
K2	K4	K4	K1	K1	K6	R24
K2	K2	K4	K4	K1	K6	R25
K2	K2	K4	K4	K1	K1	R26
K2	K2	K4	K4	K1	K1	R27
K2	K2	K2	K4	K4	K1	R28
K2	K2	K2	K4	K4	K1	R29
K2	K2	K2	K2	K4	K1	R30
K2	K2	K2	K2	K4	K4	R31
K2	K2	K2	K2	K4	K4	R32

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	C
K1	K1	K6	K6	K11	K7	R33
K1	K1	K6	K6	K11	K8	R34
K1	K1	K6	K6	K11	K10	R35
K4	K1	K1	K6	K6	K11	R36
K4	K4	K1	K6	K6	K11	R37
K4	K4	K1	K6	K6	K6	R38
K4	K4	K1	K6	K6	K6	R39
K2	K4	K4	K1	K1	K6	R40
K2	K4	K4	K1	K1	K6	R41
K2	K2	K4	K4	K1	K6	R42
K2	K2	K4	K4	K1	K6	R43
K2	K2	K4	K4	K1	K1	R44
K2	K2	K2	K4	K4	K1	R45
K2	K2	K2	K4	K4	K1	R46
K2	K2	K2	K2	K4	K1	R47
K2	K2	K2	K2	K4	K4	R48

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	C
K1	K1	K6	K6	K10	K7	R49
K1	K1	K6	K6	K11	K8	R50
K4	K1	K1	K6	K11	K10	R51
K4	K1	K1	K6	K6	K11	R52
K4	K4	K1	K6	K6	K11	R53
K4	K4	K1	K6	K6	K11	R54
K4	K4	K1	K1	K6	K6	R55
K2	K4	K4	K1	K1	K6	R56
K2	K4	K4	K1	K1	K6	R57
K2	K2	K4	K1	K1	K6	R58
K2	K2	K4	K1	K1	K6	R59
K2	K2	K4	K4	K1	K1	R60
K2	K2	K2	K4	K4	K1	R61
K2	K2	K2	K4	K4	K1	R62
K2	K2	K2	K4	K4	K1	R63

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	C
K1	K6	K6	K11	K8	K7	R64
K1	K6	K6	K11	K10	K7	R65
K1	K1	K6	K6	K11	K8	R66
K4	K1	K1	K6	K6	K11	R67
K4	K1	K1	K6	K6	K11	R68
K4	K1	K1	K6	K6	K11	R69
K4	K4	K1	K1	K6	K11	R70
K4	K4	K1	K1	K6	K6	R71
K4	K4	K1	K1	K6	K6	R72
K2	K4	K4	K1	K6	K6	R73
K2	K4	K4	K1	K1	K6	R74
K2	K2	K4	K4	K1	K1	R75
K2	K2	K4	K4	K1	K1	R76
K2	K2	K2	K4	K4	K1	R77
K2	K2	K2	K4	K4	K1	R78

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	C
K1	K6	K6	K11	K8	K7	R79
K1	K6	K6	K11	K10	K7	R80
K1	K1	K6	K6	K11	K8	R81
K4	K1	K1	K6	K6	K11	R82
K4	K1	K1	K6	K6	K10	R83
K4	K1	K1	K6	K6	K11	R84
K4	K4	K1	K1	K6	K11	R85
K4	K4	K1	K1	K6	K6	R86
K2	K4	K4	K1	K6	K6	R87
K2	K4	K4	K1	K6	K6	R88
K2	K4	K4	K1	K1	K6	R89
K2	K4	K4	K1	K1	K1	R90
K2	K2	K4	K4	K1	K1	R91
K2	K2	K2	K4	K1	K1	R92

Hasil *Storage Assignment* Barang Pada Gudang Utama (Saat Ini dan Perluasa) – Area D, E, F

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	D
Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	R1
Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	R2
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	R3
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	R4
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	R5
Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	Y3	R6
Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	Y3	R7
Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	Y3	R8
Y2	Y2	Y3	Y3	Y3	Y3	R9
Y2	Y2	Y3	Y3	Y3	Y3	R10
Y2	Y3	Y3	Y3	Y3	Y3	R11
Y2	Y3	Y3	Y3	Y3	Y3	R12
Y2	Y3	Y3	Y3	Y3		R13

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	D
Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	R14
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	R15
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	R16
Y2	Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	R17
Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	Y3	R18
Y2	Y2	Y2	Y3	Y3	Y3	R19
Y2	Y2	Y3	Y3	Y3	Y3	R20
Y2	Y2	Y3	Y3	Y3	Y3	R21
Y2	Y2	Y3	Y3	Y3	Y3	R22
Y2	Y3	Y3	Y6	Y6	Y6	R23
Y2	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	R24
Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	R25
Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	R26

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	E
S4	S4	S4	S5	S28	S17	R1
S4	S4	S4	S5	S28	S24	R14
S4	S4	S4	S28	S28	S25	R15
S4	S4	S4	S28	S17	S24	R16
S4	S4	S5	S28	S25	S24	R17
S4	S4	S28	S17	S24	S29	R18
S4	S4	S28	S7	S24	S11	R19
S4	S5	S28	S25	S27	S10	R20
S4	S28	S17	S24	S29	S10	R21
S5	S28	S24	S24	S11	S10	R22
S28	S28	S25	S27	S10	S2	R23
S28	S7	S24	S29	S10	S2	R24
S28	S24	S27	S29	S10		R25
S17	S25	S11	S10	S25		R26

Level1	Level2	Level3	Level4	Level5	Level6	F
P22	P22	P22	P22	P21	P21	R1
P22	P22	P22	P22	P21	P32	R2
P22	P22	P22	P22	P21	P32	R3
P22	P22	P22	P22	P21	P32	R4
P22	P22	P22	P21	P32	P28	R5
P22	P22	P22	P21	P32	P28	R6
P22	P22	P21	P32	P15	P14	R7
P22	P22	P21	P32	P15	P14	R8
P22	P22	P21	P32	P30	P14	R9
P22	P22	P21	P32	P30	P14	R10
P22	P21	P32	P24	P31	P18	R11
P22	P21	P32	P24	P31	P18	R12
P21	P21	P32	P14	P20	P18	R13
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R14
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R15
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R16
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R17
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R18
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R19
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R20
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R21
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R22
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R23
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R24
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R25
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R26
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R27
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R28
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R29
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R30
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R31
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R32
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R33
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R34
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R35
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R36
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R37
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R38
P21	P21	P32	P14	P20	P17	R39

Lampiran 8

Hasil *Storage Assignment* Barang Pada Gudang Sewa

A	R1		R2		R3		R4		R5		R6		R7		R8		R9		R10	
Level 3	D38	D38	D38	D38	D26	D26	D26	D16	D8	D8	D27	D27	D27	D7	D7	D7	D7			
Level 2	D21	D21	D21	D21	D38	D34	D34	D34	D26	D26	D26	D26	D16	D16	D8	D8	D27	D27	D7	D7
Level 1	D21	D21	D21	D21	D21	D21	D21	D21	D34	D34	D38	D38	D34	D34	D26	D26	D26	D26	D8	D16

B	R1		R2		R3		R4		R5		R6		R7		R8		R9		R10		R11		R12		R13		R14		R15		R16		R17		R18		R19		R20	
Level 6	R14	R4	R4	R4	R4	R14	R12	R12	R5	R5	R5	R17	R6	R6	R17	R17	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3					R12	R12	R4	R14	R12	R12	R5	R5	R17	R17	R6	R6
Level 5	R10	R10	R10	R10	R10	R4	R4	R4	R14	R14	R14	R14	R5	R5	R5	R5	R6	R6	R6	R6	R17	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R4	R4	R10	R10	R4	R4	R14	R14	R14	R12	R5	R5
Level 4	R18	R18	R16	R16	R18	R18	R9	R9	R10	R10	R4	R4	R4	R4	R14	R14	R12	R12	R5	R5	R5	R5	R17	R17	R6	R6	R3	R3	R9	R9	R18	R18	R2	R2	R10	R10	R4	R4	R4	R4
Level 3	R16	R16	R16	R16	R16	R16	R16	R16	R18	R18	R3	R3	R2	R2	R10	R10	R4	R4	R4	R4	R14	R14	R12	R12	R5	R5	R17	R17	R16	R16	R16	R16	R16	R16	R18	R18	R9	R9	R10	R10
Level 2	R8	R8	R1	R1	R8	R8	R8	R8	R16	R16	R16	R16	R16	R16	R18	R18	R9	R9	R10	R10	R4	R4	R4	R4	R14	R14	R14	R14	R8	R8	R8	R8	R8	R8	R16	R16	R16	R16	R16	R16
Level 1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R8	R8	R8	R8	R16	R16	R16	R16	R16	R16	R15	R18	R18	R18	R2	R2	R10	R10	R4	R4	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R8	R8	R8	R8	R16	R16

C	R1		R2	
Level 6				
Level 5			K3	K3
Level 4	K3	K3	K3	K3
Level 3	K5	K5	K5	K3
Level 2	K7	K7	K3	K3
Level 1	K7	K7	K3	K3

D	R1		R2		R3		R4		R5		R6		R7		R8		R9	
Level 6	Y4	Y4	Y1	Y1	Y1	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5
Level 5	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y1	Y1	Y1	Y1	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5
Level 4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y1	Y1	Y1	Y1	Y5	Y5
Level 3	Y6	Y6	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y1	Y1
Level 2	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4
Level 1	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y6	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4

E	R1		R2		R3		R4		R5		R6		R7		R8		R9	
Level 6	\$3	\$3	\$9	\$21	\$15	\$15	\$15	\$15	\$12	\$12	\$12	\$12						
Level 5	\$6	\$6	\$6	\$4	\$9	\$9	\$9	\$9	\$13	\$13	\$13	\$13	\$21	\$21	\$12	\$12		
Level 4	\$22	\$30	\$30	\$30	\$4	\$4	\$19	\$19	\$19	\$16	\$9	\$9	\$9	\$9	\$20	\$20	\$20	\$20
Level 3	\$23	\$23	\$23	\$23	\$22	\$22	\$30	\$30	\$16	\$16	\$8	\$18	\$18	\$1	\$18	\$9	\$9	\$9
Level 2	\$26	\$3	\$3	\$3	\$23	\$23	\$23	\$23	\$23	\$23	\$22	\$22	\$30	\$30	\$1	\$1	\$8	\$8
Level 1	\$26	\$26	\$26	\$26	\$26	\$26	\$3	\$30	\$23	\$3	\$23	\$23	\$23	\$23	\$22	\$22	\$30	\$30

F	R1		R2		R3		R4		R5	
Level 6	P2		P8		P7		P8			
Level 5	P4	P4	P8	P8	P9	P9	P4	P4	P3	P3
Level 4	P1	P7	P27	P27	P9	P9	P1	P1	P7	P7
Level 3	P29	P29	P5	P5	P6	P6	P1	P2	P3	P3
Level 2	P27	P27	P27	P27	P29	P29	P29	P29	P5	P6
Level 1	P26	P26	P27	P27	P26	P26	P26	P26	P29	P29

Lampiran 9

Waktu Pengambilan

Kemas an	Total Waktu <i>Picking</i>	Total Waktu <i>Picking per Area</i>	Kemas an	Total Waktu <i>Picking</i>	Total Waktu <i>Picking per Area</i>
Area A			Area D		
D19	10526.5	151485.08	Y2	26015.68	62061.96
D11	19147.5		Y3	27556.08	
D31	5873.28		Y6	8490.2	
D14	17555.72		Area E		
D10	4640.44		S14	14461.26	62299.52
D4	8649.14		S28	11161.98	
D32	9409.68		S5	3515.86	
D3	2606.24		S24	5833.6	
D23	5915.66		S25	5788.3	
D12	4443.34		S17	3449.78	
D5	2335.58		S7	1838	
D20	3234.72		S10	5908.54	
D22	4864		S11	2786.26	
D35	6628.52		S27	2537	
D13	2513.5		S29	2781.1	
D24	4781.64		S2	2237.84	
D25	5459.64		Area F		
D39	7021.16		P22	27241.24	96712.38
D29	2449.96		P21	20730.66	
D17	3968.88		P32	13060.64	
D33	3195.82		P14	11194.8	
D2	1388.9		P23	1491.06	
D6	1564.76		P10	1707.8	
D36	1924.12		P28	2580.72	
D37	2357.34		P15	1071.02	
D1	733.24		P24	1071.34	
D28	1820.66		P30	1509.64	
D30	1980.96		P31	2451.64	
D9	1143.56		P11	1823.88	
D15	1441.2		P12	866.1	
D18	1909.42		P13	866.56	
Area B			P16	867.18	
R11	117767	158351.7	P17	2080.82	
R7	21237.22		P18	1347.24	
R13	10132.62		P19	1824.08	
R15	9214.86		P20	1579.92	

Area C		
K4	55802.96	222398.06
K2	45014.24	
K1	60001.36	
K6	38794.7	
K11	12598.9	
K10	4037.28	
K8	3623.6	
K7	2525.02	

P25	1346.04	
Waktu Picking GBK (detik)		753308.7
Waktu Picking GBK (jam)		209.25

BIOGRAFI PENULIS



Dewi Amalia lahir di Bogor pada tanggal 17 Desember 1994. Jenjang pendidikan formal yang telah ditempuh yaitu SD Negeri Klender 10 Jakarta, SMP Negeri 255 Jakarta, SMA Negeri 61 Jakarta, dan kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang S1 di Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menempuh pendidikan S1 di Departemen Teknik Industri penulis aktif dalam kegiatan kepanitiaan dan organisasi. Penulis tergabung dalam *Instructor Committee* SISTEM tahun 2014. Penulis juga merupakan Staf Departemen Lingkaran Kampus Badan Pengurus Harian Himpunan Mahasiswa Teknik Industri (BPH HMTI) ITS 2014/2015 dan Bendahara Umum II BPH HMTI ITS 2015/2016. Penulis juga aktif dalam kegiatan pelatihan antara lain Pelatihan Keilmiah Teknik Industri (PKTI), Latihan Kepemimpinan Manajemen Mahasiswa pra-Tingkat Dasar (LKMM PraTD), dan Latihan Kepemimpinan Manajemen Mahasiswa Tingkat Dasar (LKMM TD). Penulis pernah melakukan kerja praktik pada Divisi Pangan Pokok Perum Bulog Kantor Pusat dan pada Divisi Gudang Bahan Kemasan PT X. Mengenai kepentingan tugas akhir ini, penulis dapat dihubungi melalui *e-mail* dewi.amalia57@yahoo.com.